

**ESKİŞEHİR YERLEŞİM YERİ ÇEVRESİNDEKİ
KAYAÇLARIN FARKLI UZAKTAN ALGILAMA
YÖNTEMLERİ İLE ALGILANABİLİRLİĞİ**

Elif GÜMÜŞLÜOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Ağustos-2007

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Elif Gümüşlüoğlu'nun “Eskişehir Yerleşim Yeri Çevresindeki Kayaçların Farklı Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Algılanabilirliği” başlıklı Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 27.07.2007 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

| Adı-Soyadı | İmza |
|--|-------------|
| Üye (Tez Danışmanı) : Prof. Dr. CAN AYDAY | |
| Üye : Yard. Doç. Dr. SEMRA GÜNAY | |
| Üye : Dr. MUSTAFA ÖNDER | |

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ESKİŞEHİR YERLEŞİM YERİ ÇEVRESİNDEKİ KAYAÇLARIN FARKLI UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ ile ALGILANABİLİRLİĞİ

Elif GÜMÜŞLÜOĞLU

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Can AYDAY
2007, 145 sayfa**

Bu çalışmada, farklı uzaktan algılama (UA) teknikleri ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) uydu görüntülerine uygulanarak Eskişehir yerleşim yeri ve civarında bulunan kayaçların litolojik bakımdan algılanmasına çalışılmıştır. ASTER uydu görüntüsünde, uydunun kendi özelliğinden (CrossTalk) ve atmosferik saçınımından kaynaklanan bozulmaları düzeltmek ve daha doğru sonuçlara ulaşmak için, öncelikle görüntülere değişik ön işleme teknikleri uygulanmıştır. Kayaçların uydu görüntüsü üzerinden belirlenmesinde, doğru bantların seçimi için kayaçların spektral imzalarından ve eigenvektör değerlerinden yararlanılmıştır. Birbirlerinden ayrı konumda bulunan üç farklı çalışma alanları için uygun ASTER bantları belirlenmiş ve belirlenen bantlara farklı görüntü zenginleştirme teknikleri (Temel Bileşenler Analizi, Crosta Tekniği, Bant Orantılama ve Dekorelasyon Gerilmesi) uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan tekniklerin sonuçları litolojik birimlerin belirlenmesine göre birbirleriyle denştirilmiştir. Ayrıca, zenginleştirme teknikleri ile elde edilen görüntüler, çalışılan alanda daha önce yapılmış 1/100.000 ve 1/500.000 ölçekli jeolojik haritalarla karşılaştırılmıştır. İşlenmiş görüntülere kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemi uygulanmış ve Eskişehir civarının jeolojik haritaları hazırlanmıştır. Hazırlanan haritaların doğruluk analizleri yapılmıştır.

Çalışmanın sonucunda uygulanan UA tekniklerinin, farklı alanlarda farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bunun sonucunda uydu görüntüsünden litolojik birimlerin belirlenmesinde farklı alanlar için farklı zenginleştirme teknikleri ve farklı bant kombinasyonları yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Dekorelasyon gerilmesi görüntülerine uygulanmış kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma ile hazırlanmış jeolojik haritaların doğruluğu en yüksek iyileştirilmiş görüntüler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ASTER, Uzaktan Algılama, Temel Bileşenler Analizi, Crosta Tekniği, Decorelation Gerilmesi, CrossTalk

ABSTRACT

Master of Science Thesis

SENSEBILITY OF DIFFERENT LITHOLOGICAL ROCK UNITS AROUND ESKİSEHİR URBAN AREA BY USING REMOTE SENSİNG TECHNIQUES

Elif GÜMÜŞLÜOĞLU

**Anadolu University
Graduate School of Sciences
Remote Sensing and Geographical Information System Program**

**Supervisor: Prof.Dr.Can AYDAY
2007, 145 pages**

In this thesis, it is tried to determine the lithological rock units around Eskisehir urban area by applying different remote sensing (RS) techniques on ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) satellite images. At first, various preprocessing techniques are performed to get more accurate results and to fix the deterioration that is based on atmospheric scattered and own property of ASTER satellite (Cross Talk). Eigenvector values and spectral signatures of rock units are used for determining of rock units on the satellite images correct bands combinations. Suitable ASTER band combinations are determined for three different of studied areas and different image enhancement techniques (Principle Component Analysis, Crosta Technique, Decorelation Stretch and Band Ratio) are applied. The results of different techniques are compared with each other according to determine of the lithological rock units. In addition to that, previously prepared 1/100.000 and 1/500.000 scaled geological maps of the studied areas are compared with the enhanced images. Geological maps around Eskisehir urban area are prepared by applying supervised and unsupervised techniques on the enhanced images. Accuracy assessments are applied on these geological maps.

At the end of the study, it is recognized that different results are obtained at different studied areas by different RS techniques. It is concluded that, different enhancement techniques must be applied with different band combinations for different areas for the determination of lithological rock units. It is revealed that, the result maps which are prepared by classifications on decorelation stretch images are evaluated the highest accurate maps.

Keywords: ASTER, Remote Sensing, Principle Component Analysis, Crosta Technique, Decorelation Stretch, Cross Talk

TEŞEKKÜR

Anadolu Üniversitesi Uzaktan Algılama ve CBS ABD.'inde bulunduğum süre boyunca bana böylesi güzel imkanları sunan ve çalışmamda yardımlarını esirgemeyen sevgili hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Can AYDAY'a,

Uzaktan Algılama konusunda tanıdığım ilk günden bugüne bilgisini ve manevi desteğini hiç esirgemeyen sevgili hocam Emekli Albay Dr. Mustafa ÖNDER'e,

ERASMUS öğrencisi olarak Yunanistan Selanik'te bulunduğum süre boyunca bilgi ve manevi desteklerini esirgemeyen Aristotle Üniversitesi'nden sevgili hocalarım Prof. Dr. Petros PATIAS ve Prof. Dr. M. TSAKIRI-STRATI'e,

Bilgilerini ve çalışmalarını internet ortamında paylaşan Türkiye ve dünyadaki tüm bilim adamlarına,

Kendisiyle geç tanışmamıza rağmen çalışmam boyunca manevi desteğini esirgemeyen sevgili hocam Yar. Doç. Dr. Semra GÜNAY'a,

Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü çalışanlarına,

Hayatım boyunca bana her türlü desteği veren canımın içi ablam Sakine GÜMÜŞLÜOĞLU'na, biricik annem Satı ve babam Hüseyin GÜMÜŞLÜOĞLU'na ve sevgili kardeşim Haydar'ıma,

Ayrıca çalışmam boyunca yanımda ve yardımcı olan sevdiklerime teşekkür eder, saygı ve şükranlarımı sunarım.

Sonsuz saygı ve sevgilerimle;

Elif GÜMÜŞLÜOĞLU

Ağustos 2007

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | xiii |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Amaç | 2 |
| 1.2. Yöntem | 2 |
| | |
| 2. ÇALIŞMA ALANI VE COĞRAFİ KONUMU | 4 |
| | |
| 3. KONUYLA İLGİLİ YAPILAN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR | 6 |
| 3.1. Jeolojik Çalışmalar | 6 |
| 3.2. Uzaktan Algılama Çalışmaları | 7 |
| | |
| 4. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN JEOLJİSİ | 9 |
| 4.1. Bölgenin Jeolojisi | 9 |
| | |
| 5. UZAKTAN ALGILAMA | 18 |
| 5.1. Uzaktan Algılamanın Bileşenleri | 18 |
| 5.2. Elektromanyetik Enerjinin Özellikleri | 19 |
| 5.3. Ayırma Gücü | 20 |
| 5.3.1. Konumsal Ayırma Gücü | 20 |
| 5.3.2. Spektral Ayırma Gücü | 20 |
| 5.3.3. Radyometrik Ayırma Gücü | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 5.3.4. Zamansal Ayırma Gücü | 21 |
| 5.4. Görüntü Ön İşleme (Preprocessing) | 22 |
| 5.4.1. Radyometrik Hatalar ve Düzeltmesi | 22 |
| 5.4.2. Geometrik Hatalar ve Düzeltmesi | 23 |
| 5.5. Spektral İmza (Spectral Signature) | 23 |
| 5.5.1. Mineral ve Kayaçların Spektral Özellikleri | 24 |
| 6. KULLANILAN UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ | 28 |
| 6.1. Görüntü Ön İşleme Teknikleri | 28 |
| 6.1.1. Cross Talk Düzeltmesi | 28 |
| 6.1.2. Radyans Kalibrasyonu ve Histogram Dengelemesi | 29 |
| 6.2. Görüntü Zenginleştirme Teknikleri | 30 |
| 6.2.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA) | 30 |
| 6.2.2. Crosta Tekniği | 32 |
| 6.2.3. Dekorelasyon Gerilmesi | 32 |
| 6.2.4. Bant Orantılama | 33 |
| 6.2.5. Kontrast Zenginleştirme | 33 |
| 6.3. Sınıflandırma Analizi | 34 |
| 6.3.1. Kontrolsüz Sınıflandırma | 34 |
| 6.3.2. Kontrollü Sınıflandırma | 35 |
| 6.4. Doğruluk Analizi | 36 |
| 7. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLER VE YAZILIMLAR | 38 |
| 7.1. ASTER | 38 |
| 7.1.1. ASTER Uydu Sistemi ve Özellikleri | 40 |
| 7.2. Kullanılan Uzaktan Algılama Verisi | 41 |
| 7.3. Kullanılan Yazılımlar | 46 |
| 8. YAPILAN ÇALIŞMALAR | 47 |
| 8.1. Görüntü Ön İşleme (Preprocessing) | 49 |
| 8.1.1. Radyometrik Düzeltmeler | 49 |

| | |
|--|------------|
| 8.1.1.1. Cross Talk Düzeltmesi | 49 |
| 8.1.1.2. Radyans Kalibrasyonu ve Histogram Dengelemesi | 51 |
| 8.1.2. Geometrik Düzeltme | 55 |
| 8.2. ASTER Görüntülerine Uygulanan Zenginleştirme Teknikleri | 56 |
| 8.2.1. 758 Numaralı ASTER Görüntüsü | 56 |
| 8.2.1.1. Temel Bileşenler Analizi Görüntüleri | 60 |
| 8.2.1.2. Crosta Tekniği Görüntüsü | 72 |
| 8.2.1.3. Dekorelasyon Gerilmesi Görüntüleri | 76 |
| 8.2.1.4. Bant Orantılama Görüntüleri | 79 |
| 8.2.2. 759 Numaralı ASTER Görüntüsü | 84 |
| 8.2.2.1. Temel Bileşenler Analizi Görüntüleri | 86 |
| 8.2.2.2. Crosta Tekniği Görüntüleri | 100 |
| 8.2.2.3. Dekorelasyon Gerilmesi Görüntüleri | 103 |
| 8.2.2.4. Bant Orantılama Görüntüleri | 106 |
| 8.2.3. 566 Numaralı ASTER Görüntüsü | 110 |
| 8.2.3.1. Temel Bileşenler Analizi Görüntüleri | 113 |
| 8.2.3.2. Crosta Tekniği Görüntüleri | 116 |
| 8.2.3.3. Dekorelasyon Gerilmesi Görüntüleri | 120 |
| 8.2.3.4. Bant Orantılama Görüntüleri | 123 |
| 8.3. Sınıflandırma Analizi | 128 |
| 9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 132 |
| KAYNAKLAR | 137 |
| Ek-1 Kayaçların Spektral İmzaları | 142 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| 2.1. Çalışma alanı (ASTER uydu görüntüsü RGB/832) | 4 |
| 2.2. Çalışma alanını kapsayan 1/25.000 ölçekli paftalar | 5 |
| 4.1. Çalışılan alanın jeoloji haritası | 10 |
| 4.2. Alpu Ovasının sayısallaştırılmış jeoloji haritası | 12 |
| 4.3. İnönü Ovasının sayısallaştırılmış jeoloji haritası | 12 |
| 4.4. Eskişehir jeoloji haritası (Ayday ve ark., 2001)..... | 16 |
| 5.1. Uydulardan yeryüzünün görüntülenmesi | 18 |
| 5.2. Uzaktan algılamanın bileşenleri | 19 |
| 5.3. Elektromanyetik Spektrum | 20 |
| 5.4. Doğal objelerin tipik spektral tepki eğrileri (Gupta, 1991)..... | 24 |
| 6.1. Cross Talk'un oluşum mekanizması | 28 |
| 6.2. Cross Talk Mekanizması (a) Bant 4 detektörleri ve (b) Filtre sınırları (Iwasaki ve ark., 2005)..... | 29 |
| 6.3. İki temel bileşen (PC) ile veri seti | 31 |
| 7.1. TERRA uydusu ve ASTER alt sistemlerinin genel görünümü | 39 |
| 7.2. ASTER Bantları spektral aralıklarının Landsat TM Bantları spektral aralıkları ile karşılaştırılması..... | 41 |
| 7.3. İnceleme alanını içeren ASTER uydu görüntülerinin konumu..... | 42 |
| 7.4. İnceleme alanı ve 758, 759 ve 566 numaralı ASTER uydu görüntülerini konumu..... | 43 |
| 8.1. Çalışmanın akış çizelgesi | 48 |
| 8.2. Cross Talk düzeltilmesi yapılmadan önceki (a) ve sonraki (b) Bant 5 görüntüsü..... | 50 |
| 8.3. ASTER Bant 5'e seçilen alana ait düzeltme öncesi (a) ve sonrası (b) histogram eğrisi | 51 |
| 8.4. Düzeltme öncesi (a) ve sonrası (b) Bant 5'in Bant 9 göre parlaklık değerleri dağılımı | 51 |
| 8.5. (a) Bant 1 ham görüntü (b) Radyometrik düzeltme sonrası ASTER Bant 1 görüntüsü | 54 |
| 8.6. Bant 1'in Radyometrik düzeltmeler öncesi (a) ve sonrası (b) histogramları..... | 54 |

| | |
|---|----|
| 8.7. Radyometrik düzeltmeler öncesi (a) ve sonrası (b) litolojik birimler | 55 |
| 8.8. ASTER 566 Geometrik düzeltme sonrası görüntü..... | 55 |
| 8.9. ASTER 758 VNIR, SWIR ve TIR uydu görüntülerinin histogramları | 59 |
| 8.10. ASTER 758 görüntüsünden toplanan spektral imzaların alım noktaları | 59 |
| 8.11. ASTER 758 görüntü üzerinde kayaçların spektral imzaları | 60 |
| 8.12. ASTER 758 VNIR ve SWIR'a ait dokuz adet temel bileşen görüntüsü..... | 62 |
| 8.13. Dünit ve gabronun laboratuarda elde edilen yansıma eğrileri (Anonim, 2007a)..... | 62 |
| 8.14. Bazı mermer türlerinin laboratuvar spektrometresinde spektral davranış eğrileri (Anonim, 2007a)..... | 63 |
| 8.15. ASTER 758 temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC5,PC3 | 64 |
| 8.16. ASTER 758 temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC6,PC7 | 66 |
| 8.17. ASTER 758 SAM üzerine oturtulmuş görüntü RGB: PC2,PC6,PC7 | 67 |
| 8.18. ASTER 758 temel bileşen görüntüsü, RGB: PC1,PC5,PC7 | 68 |
| 8.19. ASTER 758 temel bileşen görüntüdeki mermerler RGB: PC8,PC5,PC7 | 68 |
| 8.20. Çalışma alanının GD'daki Neojen yaşlı konglomeralar | 69 |
| 8.21. ASTER 758 sedimanter birimler, temel bileşen görüntüsü, RGB: PC3,PC8,PC5 | 70 |
| 8.22. ASTER 758 sedimanter birimler, temel bileşen görüntüsü RGB: PC4,PC1,PC5 | 70 |
| 8.23. ASTER 758 karasal kırıntılılar, temel bileşen görüntüsü RGB: PC4,PC5,PC6 | 71 |
| 8.24. ASTER 758 PC2 (Bant 3-6-8-9), PC3 (Bant 2-4-6-7) ve PC3 (Bant 1-2-5-6) | 74 |
| 8.25. ASTER 758 Crosta tekniği görüntüsü (RGB: PC2,PC3,PC3)..... | 75 |
| 8.26. ASTER 758 dekorelasyon gerilmesi RGB: DC1,DC2,DC5 | 77 |
| 8.27. ASTER 758 karasal kırıntılılar ve metamorfik kayaçlar, dekorelasyon gerilmesi RGB: DC1,DC2,DC5 | 78 |
| 8.28. ASTER 758 metamorfik birimler, dekorelasyon gerilmesi RGB: DC1,DC2,DC5 | 78 |

| | |
|---|----|
| 8.29. ASTER 758 (a) Ofiyolitik kayaçların ayrımı DC1,DC5,DC9, (b) Peridotit kayacındaki zonlanma DC8,DC2,DC1 | 79 |
| 8.30. ASTER 758 Bant orantılama görüntüsü RGB: 13/4,1/2,4/6..... | 80 |
| 8.31. ASTER 758 peridotit, Bant orantılama görüntüsü RGB: 8/4,1/2,4/6 | 81 |
| 8.32. Gündüzler köyü kuzeyinde bulunan diyabaz daykları | 81 |
| 8.33. ASTER 758 VNIR, SWIR ve TIR uydu görüntülerinin histogramları | 85 |
| 8.34. ASTER 758 görüntü üzerinden toplanan spektral imzaların alım noktaları | 86 |
| 8.35. ASTER 758 görüntü üzerinde kayaçların spektral imzaları | 86 |
| 8.36. ASTER 759 VNIR SWIR ait 9 temel bileşen görüntüleri | 87 |
| 8.37. ASTER 759 temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC5,PC4..... | 89 |
| 8.38. ASTER 759 SAM üzerine oturtulmuş temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC5,PC4 | 90 |
| 8.39. Farklı ortamlarda oluşan metamorfik birimlerin spektral imzaları (Anonim, 2007a)..... | 90 |
| 8.40. ASTER 759 temel bileşen görüntüsü RGB: PC1,PC5,PC6..... | 91 |
| 8.41. ASTER 759 temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC6,PC9..... | 92 |
| 8.42. ASTER 759 metakumtaşı, temel bileşen görüntüsü RGB:PC8,PC3,PC6 | 92 |
| 8.43. ASTER 759 bulunan ofiyolitik melanj, temel bileşen görüntüsü RGB:PC7,PC9,PC4 | 94 |
| 8.44. ASTER 759 ofiyolitik kayaçlar, temel bileşen görüntüsü RGB: PC7,PC6,PC9 | 95 |
| 8.45. ASTER 759 ofiyolitik melanj, temel bileşen görüntüsü RGB:PC7,PC5,PC4 | 96 |
| 8.46. ASTER 759 karasal kırıntılılar, temel bileşen görüntüsü RGB: PC7,PC5,PC4 | 97 |
| 8.47. ASTER 759 karasal kırıntılılar, temel bileşen görüntüsü RGB: PC6,PC5,PC2 | 97 |
| 8.48. ASTER 759 neritik kireçtaşı, temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC6,PC4 | 98 |
| 8.49. ASTER 759 neritik kireçtaşı, temel bileşen görüntüsü RGB: PC3,PC8,PC2 | 99 |

| | |
|---|-----|
| 8.50. ASTER 759 kireçtaşları ve granitoyitlerin ayrımı, RGB: PC2,PC5,PC4 | 100 |
| 8.51. ASTER 759 (a) PC3 (Bant 1-2-3-4), (b) PC3 (Bant 1-2-6-8), (c) PC4 (Bant 2-5-7-9)..... | 102 |
| 8.52. ASTER 759 Crosta tekniği görüntüsü; RGB: PC3 (Bant 1-2-3-4), PC3 (Bant 1-2-6-8),PC4 (Bant 2-5-7-9) | 103 |
| 8.53. ASTER 759 dekorelasyon gerilmesi görüntüsü RGB: DC5,DC8,DC3 | 104 |
| 8.54. ASTER 759 dekorelasyon gerilmesi görüntüsü RGB: DC4,DC1,DC9 | 105 |
| 8.55. ASTER 759 Bant orantılama görüntüleri 6/4, 9/5, 5/7 | 106 |
| 8.56. ASTER 759 Bant orantılama görüntüsü RGB: 6/4,9/5,5/7..... | 107 |
| 8.57. ASTER 566 VNIR ve SWIR bantlarına ait histogram eğrileri | 111 |
| 8.58. ASTER 566 VNIR ve SWIR görüntülerinden toplanan spektral eğri noktaları | 112 |
| 8.59. ASTER 566 VNIR ve SWIR görüntülerindeki kayaçların spektral eğrileri..... | 112 |
| 8.60. ASTER 566 VNIR ve SWIR 9 temel bileşen görüntüleri..... | 114 |
| 8.61. ASTER 566 temel bileşen görüntüsü RGB: PC1,PC5,PC4..... | 115 |
| 8.62. ASTER 566 temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC5,PC3 | 116 |
| 8.63. ASTER 566 (a) PC3 (Bant 1-3-6-7), (b) PC1, (c) PC3 (Bant 1-2-4-8) | 118 |
| 8.64. ASTER 566 Crosta tekniği görüntüsü RGB: PC3 (Bant 1-3-6-7),PC1,PC3 (Bant 1-2-4-8)..... | 119 |
| 8.65. ASTER 566 SAM üzerine oturtulmuş Crosta tekniği görüntüsü..... | 119 |
| 8.66. ASTER 566 dekorelasyon gerilmesi görüntüsü RGB: DC1,DC5,DC9 | 121 |
| 8.67. ASTER 566 dekorelasyon gerilmesi görüntüsü RGB: DC7,DC9,DC1 | 122 |
| 8.68. ASTER 566 bazalt volkanik kayacı, dekorelasyon gerilmesi görüntüsü RGB: DC7,DC9,DC1 | 122 |
| 8.69. ASTER 566 Bant orantılama görüntüsü RGB: 5/4,2/1,1/14..... | 124 |
| 8.70. ASTER 566 Bant orantılama görüntüsü RGB: 8/4,5/1,10/4..... | 125 |
| 8.71. 758 numaralı alanın sınıflandırılmış görüntüsü | 129 |
| 8.72. ASTER 759 numaralı alanın sınıflandırılmış görüntüsü..... | 130 |
| 8.73. ASTER 566 numaralı alanın sınıflandırılmış görüntüsü..... | 131 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|---|-----|
| 2.1. UTM koordinat sistemine göre tanım çalışma alanı köşe koordinat değerleri | 5 |
| 7.1. ASTER algılayıcıları ve Radyometrik özellikleri | 40 |
| 7.2. Çalışılan ASTER alanlarına ait bilgiler | 45 |
| 7.3. Çalışılan ASTER alanlarının coğrafik koordinat değerleri | 45 |
| 8.1. ASTER bantlarının Birim Dönüşüm Faktörü (UCF) katsayıları | 52 |
| 8.2. ASTER 758 görüntü ön işlemleri öncesi ve sonrası Bantların minimum ve maksimum parlaklık değerleri | 53 |
| 8.3. ASTER 758 VNIR, SWIR ve TIR Bantlarının parlaklık değerlerinin istatistiksel sonuçları | 58 |
| 8.4. ASTER 758 VNIR ve SWIR görüntülerinin eigenvektör istatistik değerleri | 61 |
| 8.5. ASTER 758 Bant 3-6-8-9 görüntülerinin eigenvektör değerleri | 73 |
| 8.6. ASTER 758 Bant 2-4-6-7 görüntülerinin eigenvektör değerleri | 73 |
| 8.7. ASTER 758 Bant 1-2-5-6 görüntülerinin eigenvektör değerleri | 74 |
| 8.8. 758 numaralı alanda bulunan kayalar ve uygulanan tekniklerden elde edilen görüntüler arasındaki ilişki | 82 |
| 8.9. ASTER 758’de bulunan kayalara göre uygulanan tekniklerin puanlama esasına göre değerlendirmesi | 83 |
| 8.10. ASTER 759 VNIR, SWIR ve TIR bantları parlaklık değerlerinin istatistiksel sonuçları | 85 |
| 8.11. ASTER 759 VNIR SWIR görüntülerine ait eigenvektör istatistik değerleri | 87 |
| 8.12. Crosta tekniğinde Bant 1, 2, 3 ve Bant 4’ün eigenvektör değerleri | 101 |
| 8.13. Crosta tekniğinde Bant 1, 2, 6 ve Bant 8’in eigenvektör değerleri | 101 |
| 8.14. Crosta tekniğinde Bant 2, 5, 7 ve Bant 9’un eigenvektör değerleri | 102 |
| 8.15. ASTER 759, kayaç türlerine göre uygulanan teknikler | 108 |
| 8.16. ASTER 759, kayaç türlerine uygulanan tekniklerin puanlama esasına göre değerlendirmesi | 109 |

| | |
|---|-----|
| 8.17. ASTER 566 VNIR, SWIR ve TIR Bantlarının parlaklık değerlerinin istatistiksel sonuçları..... | 111 |
| 8.18. ASTER 566 VNIR ve SWIR Bantlarının eigenvektör değerleri | 113 |
| 8.19. ASTER 566 Bant 1, 3, 6 ve Bant 7 ait eigenvektör değerleri | 117 |
| 8.20. ASTER 566 Bant 1, 2, 4 ve Bant 8 ait eigenvektör değerleri | 118 |
| 8.21. ASTER 566’da bulunan kayalar ve uygulanan tekniklere göre uygun Bant kombinasyonları | 126 |
| 8.22. ASTER 566’da bulunan kayalara göre uygulanan tekniklerin puanlama esasına değerlendirmesi | 127 |
| 8.23. ASTER 758, sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analiz değerleri..... | 128 |
| 8.24. ASTER 759, sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analiz değerleri..... | 129 |
| 8.25. ASTER 566, sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analiz değerleri..... | 130 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---------------------------|---|
| <i>ASTER</i> | : The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection R Radiometer |
| <i>CERES</i> | : Bulutlar ve Dünya'nın Işık Enerji Sistemini |
| <i>DC</i> | : Dekorelasyon Gerilmesi |
| <i>E</i> | : Elektrik dalgası |
| <i>EOS</i> | : Yeryüzü Araştırma Sistemince |
| <i>ERSDAC</i> | : Dünya Uzaktan Algılama Veri Analiz Merkezi |
| <i>K</i> | : Kappa Katsayısı |
| <i>μm</i> | : Nanometre |
| <i>M</i> | : Manyetik dalga |
| <i>MIR</i> | : Orta İnfraret |
| <i>MIRS</i> | : Çok Açılı Görüntü Spektro-Radyometresi |
| <i>MODIS</i> | : Orta Çözünürlükte Görüntü Spekroradyometresi |
| <i>MOPITT</i> | : Traposferde Kirlilik Ölçüm Modülü |
| <i>PC</i> | : Temel Bileşen |
| <i>PCA</i> | : Temel Bileşen Analizi |
| <i>RGB</i> | : Kırmızı-Yeşil-Mavi renkli gösterim |
| <i>SAM</i> | : Sayısal Arazi Modeli |
| <i>SWIR</i> | : Kısa Dalga İnfraret |
| <i>TIR</i> | : Thermal İnfraret |
| <i>TM</i> | : Tematic Mapper |
| <i>UA</i> | : Uzaktan Algılama |
| <i>UCF</i> | : Birim Dönüşüm Faktörü |
| <i>UTM</i> | : Universal Transfer Marcater |
| <i>UV</i> | : Ultraviyole Görünür |
| <i>VNIR</i> | : Görünür Yakın İnfraret |

1. GİRİŞ

Yerkürenin dinamik özellikte olması, bazı olayların çok kısa zaman içinde değişime uğraması, yerkürenin kısa aralıklarla gözlemlenmesini ve bu gözlemlerin yorumlanmasını gerektirmektedir. Günümüzde belirtilen bu işlemlerin kısa süre içinde yapılabilmesi için havacılık ve uzay teknolojilerinden yararlanılmaktadır.

Yüzlerce kilometre yukarıdan yeryüzünü görüntüleyen uydular yardımı ile doğal kaynaklar incelenebilmekte ve yeryüzüne ait güncel veriler sağlanabilmektedir. Uydu görüntüsünün kapsadığı alanın hava fotoğraflarına göre büyük olması ve uydu algılayıcılarının insan gözünün görmediği elektromanyetik spektrumun farklı dalga boyu aralıklarında algılayabilme özelliğine sahip olması, özellikle jeoloji alanında uydu görüntülerine olan ilgiyi artırmıştır. Elektromanyetik spektrumun 0.4-2.5 µm spektral aralığında yeryüzündeki pek çok mineral hakkında oldukça geniş bilgi elde edilebilmektedir. Özellikle, insan gözünün görmediği 2.0-2.5 µm kırsadalga-kızılözesi (SWIR) spektral aralık, hidroksil ürünü mineraller, sülfatlar, karbonatlar gibi pek çok jeolojik birim ve hidrotermal alterasyon ürünlerinin spektral özelliklerini içermektedir.

Dünyanın etrafında farklı yörüngelerde dönen ve farklı spektral çözünürlüğe sahip, değişik kullanım amaçlı birçok uydu bulunmaktadır. Bu uyduların gelişen teknoloji ile birlikte daha yüksek ayırım gücü özelliğe sahip olmaları, bu uydulardan daha fazla bilgi edinilmesini sağlar.

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) jeolojik haritalama için oldukça kullanışlıdır (Ren ve ark., 2004). ASTER algılayıcısı, 1999 yılında uzaya fırlatılan TERRA uydusu üzerinde bulunan beş algılayıcıdan biridir. ASTER alıcısı, görünür ve yakın kızılötesi (VNIR), kısa dalgaboyu kızılötesi (SWIR) ve termal kızılötesi (TIR) spektral aralıklara sahip üç alt sistemden oluşmuştur. ASTER; 60×60 km görüntü alanına, 15, 30 ve 90 m'lik konumsal çözünürlüğe ve toplam 14 farklı bant aralığına sahiptir. Tüm bu nedenlerden dolayı, bu çalışmada uydu görüntüsü olarak ASTER seçilmiştir.

1.1. Amaç

Çalışma alanları, Eskişehir ili ve civarında birbirinden ayrı üç alan olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı, çeşitli fasiyes koşullarında oluşmuş metamorfik kayalar, okyanus kabuğu kayaları, ofiyolitik karmaşık, karasal ortam koşullarında oluşmuş farklı tortul kayalarından oluşmaktadır. Bölgede bulunan kayaların veya kayaç gruplarının çok farklı olması nedeni ile, sadece bir görüntü üzerinden ve bir tek uzaktan algılama (UA) tekniği ile elde edilmesi oldukça zordur. Bu nedenle, çalışmada farklı UA teknikleri kullanılarak herbir bölgede bulunan kayaların saptanmasına çalışılmıştır. Kullanılan UA tekniklerinin hangi kayaç veya kayaç grubunun belirlenmesinde daha etkin olduğu incelenmiştir. Bunun yanı sıra, kayaların belirlenmesinde kullanılan UA tekniklerinin farklı alanlarda değişim gösterip göstermediği incelenmiştir. Ayrıca UA teknikleri ile elde edilen görüntülere, sınıflandırma analizi uygulanarak tematik harita hazırlamada uygun UA tekniğinin belirlenmesine çalışılmıştır.

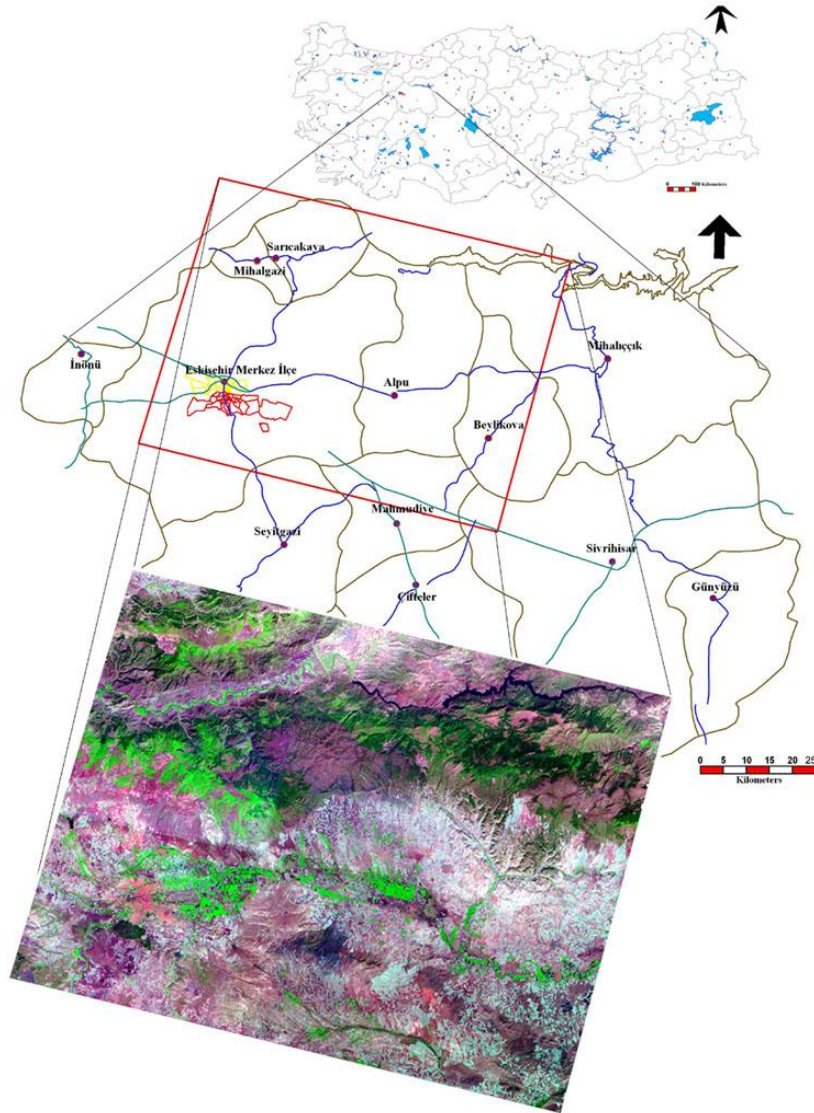
1.2. Yöntem

Çalışmada kullanılan uydu görüntüsü TERRA ASTER L1A'dır. ASTER L1A ürünü, radyometrik ve geometrik düzeltmelerin yapılmadığı görüntülerdir. Çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, ASTER L1A görüntüsündeki aletsel ve atmosferik hatalar giderilmiş ve görüntü düzeltmeleri yapılmış ürün olan ASTER L1B'ye dönüştürülmüştür. L1B'ye dönüştürülmüş görüntüler yeryüzü koordinatlarına oturtularak geometrik düzeltmesi yapılmıştır. İkinci bölümde, çalışma alanları olarak belirlenen 758, 759 ve 566 ID numaralı üç ASTER görüntüsüne dört farklı zenginleştirme tekniği uygulanmıştır. Uygulanan teknikler, temel bileşenler analizi, Crosta tekniği, dekorelasyon gerilmesi ve Bant orantılamadır. Eskişehir yerleşim yeri ve çevresindeki kayalar bu yöntemlerle saptanmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan jeolojik haritalarla denştirilmiştir. Tekniklerin uygulanmasında, kayaların spektral özelliklerinden ve eigenvektör istatistik verilerinden yararlanılmıştır. Son bölümde ise, uygulanan teknikler sonucu elde edilen görüntülere kontrolsüz ve

kontrollü sınıflandırma teknikleri uygulanarak, üç farklı alanın jeolojik haritaları hazırlanmıştır. Hazırlanan jeolojik haritaların doğruluk analizleri yapılmıştır. Kayaçların belirlenmesinde kullanılan teknikler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Üç ayrı bölgede bulunan farklı kayaç ve kayaç grupları için UA tekniklerinden en uygun zenginleştirme tekniklerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Son olarak, zenginleştirme teknikleri ile kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırmayla hazırlanan jeolojik haritaların sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE COĞRAFİ KONUMU

Çalışma alanı, 40.12 ve 39,30 kuzey enlemleri ile 31.23 ve 30.18 doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 2.1). Çalışma alanı, doğu ve güneydoğuda Ankara, güneyde Konya ve Afyon, batıda Kütahya ve Bilecik, kuzeyde ise Ankara, Bolu ve Bilecik illeri ile sınırlıdır. Çalışma alanının UTM projeksiyon sistemine göre tanımlı köşe koordinat değerleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

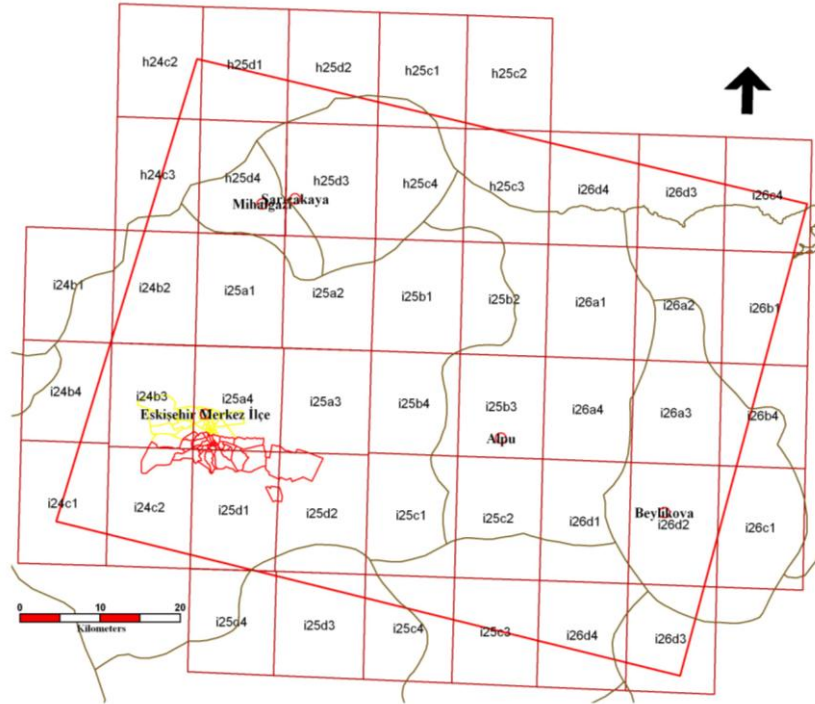


Şekil 2.1. Çalışma alanı (ASTER uydu görüntüsü RGB/832)

Çizelge 2.1. UTM koordinat sistemine göre tanım çalışma alanı köşe koordinat değerleri

| Köşe Noktaları | X | Y |
|----------------|-----------|------------|
| Sol üst | 286006.39 | 4452735.25 |
| Sağ üst | 362398.48 | 4434604.31 |
| Sağ alt | 346462.64 | 4375560.36 |
| Sol alt | 268419.62 | 4394882.70 |

Çalışma alanı 79.3 km doğu-batı, 60.7 km kuzey-güney yönünde uzanmakta olup yaklaşık 4826.40 km² bir alanı içerir. Alan Eskişehir'in ilçeleri olan Alpu, Beylikova, Mihalgazi, Sarıcakaya, Eskişehir Merkez ilçe ile Eskişehir kuzeyinde yer alan Bilecik ve Ankara illerinin küçük bir bölümünü içine almaktadır. Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli 46 adet paftayı kapsar (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Çalışma alanını kapsayan 1/25.000 ölçekli paftalar

Porsuk ve Sakarya nehirleri çalışılan arazinin en önemli iki vadisini oluşturur. Çalışma alanının denizden yüksekliği 757 m ile 1199 m arasındadır. Çalışılan bölgenin içerisinde geçen akarsular Sakarya Nehri ve Porsuk Çayı'dır.

3. KONUYLA İLGİLİ YAPILAN ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Önceki çalışmalar iki bölümde ele alınmıştır. İlk bölümde çalışılan alanın jeolojisiyle ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Bu bölümde çalışma alanına ait farklı yerlerin jeolojik özelliklerine değinilmiştir. İkinci bölümde, minerallerin ve kayaçların spektral özelliklerinin, ASTER uydu görüntüsü üzerindeki uygulamaları ve UA için geliştirilen farklı algoritma teknikleri üzerine yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

3.1. Jeolojik Çalışmalar

Eskişehir ili ve civarının jeolojisi önceki yıllarda bazı araştırmacıların çalışmalarının konusunu oluşturmuştur. Bölge üzerine yapılan çalışmalar;

Eskişehir'in kuzeyinde yeralan Paleozoyik oluşuklar Ayaroğlu (1979) tarafından Bozüyük metamorfikleri olarak adlandırılmış ve bölgede yeralan kayaçların petrokimyasal özelliklerini araştırmıştır.

Eskişehir DSI (1977) tarafından Eskişehir-Alpu Ovası Hidrojeolojik Etüt raporunda bölgenin hidrojeolojisi çalışılmış ve 1/100.000'lik Hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır.

Kibici (1984) tarafından Sarıcakaya Masifinin Jeolojisi, Petrografisi ve Petrolojik Etüdü çalışmasında Eskişehir'in kuzeyinde yeralan Sakarya nehri civarının litolojisi incelenmiştir.

Gözler (1996), Orta Sakarya ve Güneyinin jeolojisi üzerine yaptığı çalışmada, Eskişehir civarının jeolojisini ve bölgedeki sıcak su kaynaklarını ayrıntılı olarak ele almıştır.

Ayday ve ark. (2001), Eskişehir yerleşim yerinin yerleşim amaçlı jeoloji ve jeoteknik etüt raporunda bölgenin jeolojisi mühendislik açıdan incelenmiştir.

Akıncı (1967), Eskişehir i24-c1 paftasının jeolojisini ve o bölgede yer alan tabakalı Lületaşı zuhurlarını incelemiştir.

3.2. Uzaktan Algılama Çalışmaları

Bu bölümde araştırmacılar tarafından jeolojik haritalama konusunda çeşitli algoritma teknikleri kullanarak ASTER uydu görüntüsü ile yapılan çalışmalara kısaca değinilmiştir.

Abrams ve Hook (1995) Nevada Cuprite bölgesinde ASTER verisi kullanarak arjilitleşmiş kayaçlar, demir içerikli kayaçlar, killi kayaçlar (alunite kaolinit), karbonatlı kayaçlar silisli içerikli kayaçların haritalamasını yapmışlardır. Dönüştürülmüş ASTER görüntüsü ve kullanılan *decorrelation stretch* algoritması ile litolojik harita elde edilmiştir.

Hewson, Cudahy ve Huntington (2001) çalışma alanı olarak seçtikleri Güney Avustralya Mt Fitton bölgesindeki yeşilist metamorfikleri, amfibolitler, karbonatlar ve yerel hidrotermal alterasyonları ile derinlik kayaçları ve sedimanter birimlerinin ASTER uydu görüntüsü üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada *decorrelation stretch*, *log residual*, *MNF dönüşümleri* ve *spectral unmixing* görüntü zenginleştirme yöntemleri kullanılmıştır.

Ninomiya ve Fu (2001) silika minerali, karbonat mineralleri içeren kayaç tiplerinin haritalanmasında ASTER Termal Kızılötesi (TIR) kullanarak çeşitli spektral indisleri öne sürmüş ve Çin Beishan Dağları bölgesine uygulamışlardır.

Kruse (2002) dünya etrafında aktif ve aktif olmayan sıcak noktalar ve depolanma tipleri (alunit, kaolinit, karbonatlar, muskovit, hidrotermal silika, buddingonit) üzerine MODIS/ASTER (MASTER) ve ASTER uydu görüntülerini kullanmış ve alkalin, silisli ve karbonatlı kayaçların haritalamasını yapmıştır.

Crosta ve Filho (2003) Temel Bileşenler Analizini (PCA) Arjantin-Patagonia 'da epitermal altın yatağıyla ilişkili hidrotermal alterasyon minerallerin ayrımında ASTER uydusu SWIR bandlarının yetisi üzerine çalışılmış ve alterasyon haritası hazırlanmıştır. Sonuçta, ASTER uydusunun alterasyon minerallerinin belirlenmesinde oldukça kullanılabilir olduğunu belirtmiştir.

Yamaguchi ve Naito (2003), ASTER SWIR veri seti üzerine Spektral İndis (Spectral Indices) yöntemi uygulayarak alunit, kaolinit, kalsit, montmorillonit, kuvars mineral ve bu mineralleri içeren kayaçların ayrımı ve haritalanması yapılmıştır.

Galvao, Filho ve Vitorello (2004), Brezilya merkezi tropikal bozkır türü bitki örtülü tropikal bölgelerde bulunan kayaçların belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Serra do Mendes granitoyitindeki hidrotermal alterasyon malzemesi ASTER uydu görüntüsü kullanılarak saptanmıştır. CrossTalk düzeltilmesi ve atmosferik düzeltme gerçekleştirmiştir. Alterasyon minerallerinin belirlenmesinde *Spectral Angle Mapper (SAM)* tekniğini kullanılmıştır.

San ve ark. (2004) tarafından Çanakkale-Biga bölgesindeki alunite ve kaolinit hidrotermal alterasyon mineralleri ASTER uydu görüntüsü üzerinden belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada iki farklı uzaktan algılama teknikleri olan Band Orantılama (Band Ratio) ve Spektral İndis (Spectral Indice)'in karşılaştırması yapılmıştır. Çalışma sonucunda her iki teknik ile alunite ve kaolinit minerallerinin tespit edilebildiğini, özellikle Bant orantılama tekniğinin kaoliniti alunitten ayırmada, spektral indis tekniğinin ise, alunite kaolinitten ayırmada daha etkin olduğunu belirlemiştir.

Ninomiya, Fu ve Cudahy (2005), ASTER Termal Kızılötesi (TIR) kullanarak kuvars, karbonat ve silikat kimyasal bileşimli mineral ve kayaçları belirlemeye çalışmıştır.

Pekesin (2005), yüksek lisans tezinde uzaktan algılama teknikleriyle, ASTER görüntüsü üzerinden Oymaağaç Granitoyidi'nde (Beypazarı-Ankara) mineral dağılımı ve yüzdeleri üzerine çalışmıştır. Çalışma sırasında spektral analiz ve Crosta tekniği olmak üzere iki metot uygulanmıştır.

Deller (2006), Sudi Arabistan ve Eritrea bölgelerinde bulunan lateritik yüzeylerin haritalamasında uzaktan algılama yöntemi uygulamış ve başarılı olmuştur. Haritalamada Landsat TM, ASTER ve ALI (Advanced Land Imager) verisi kullanmıştır. Bu çalışmada Bant orantılama tekniği kullanılmıştır.

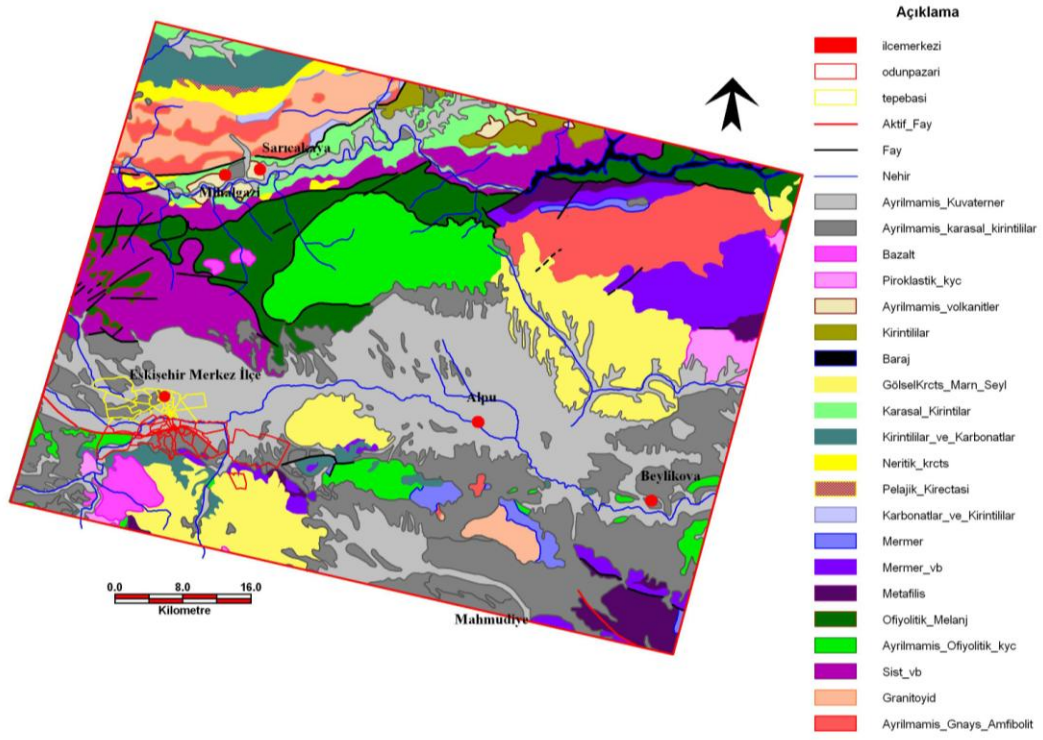
Gad ve Kusky (2006) Mısır Sinai güneydoğusunda neoproterozoyik Wadi Kid metamorfik kayaçların bulunduğu bir bölgede ASTER uydu görüntüsü üzerinden farklı tipte metasedimanter ve metavolkanik kayaçları belirlemeye çalışmıştır. Bu çalışmada Bant orantılama tekniğini kullanmış ve yeni 4/7-4/6-4/10 ASTER görüntüsü ile bölgenin litolojik haritasını başarıyla elde etmiştir.

4. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN JEOLJİSİ

Çalışma alanının jeolojisi, önceki yıllarda bu bölgede jeolojik araştırma yapan araştırmacıların yayınlarından derlenmiştir. Bölgenin jeolojisi için, 2002 tarihli MTA tarafından hazırlanan 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritalarından Ankara, Zonguldak ve İzmir paftaları kullanılmıştır. Bu jeoloji haritaları yanı sıra, çalışma alanını içeren, 1976 tarihinde DSİ tarafından hazırlanan 1/100.000 ölçekli Eskişehir-Alpu Ovası Hidrojeoloji haritası ve Eskişehir-İnönü Ovaları Hidrojeoloji haritasından yararlanılmıştır. Çalışmada, elde edilen iyileştirilmiş görüntüler arazi çalışması ile desteklenmiştir.

4.1. Bölgenin Jeolojisi

Orta Anadolu'nun batısında yer alan çalışma alanı, Tetis kuşağı içinde, Tetis'in kuzey kolunun kapanımıyla çarpışma kuşağı özellikleri sergileyen formasyonlarla bütünleşmiş bir alandır. Gelişen deformasyonlara uygun olarak ofiyolitik melanjı ve metamorfik birimleri içerir. Eskişehir, Sivrihisar ve Mihaliççik metamorfikleri Alt Triyas yaşlı kıtasal kabuk malzemesini karakterize etmektedir. Bu birimler yer yer, bazı yerlerde ise dilimler halinde ofiyolitik kayalar, ofiyolitik melanj ve Bozüyük granitoyiti tarafından kesilmektedir. Bu birimler üzerine taban konglomasıyla uyumsuz olarak Jura çökelleri gelmektedir. Bu birimlerin çakıllarını granitoyit oluşturur. Üst Jura-Alt Kretase yaşlı çökellerle devam eden istif, yine uyumsuz olarak Üst Kretase konglomera, kumtaşı ve bol fosilli mikritik kireçtaşları ile örtülür. Üst Kretase birimleri, Topkaya granitoyiti tarafından kesilir. Bu birimlerin üzerine konglomera ve kumtaşlarından oluşan Paleosen yaşlı birimler uyumsuzlukla gelir. Porsuk Havzası Pliyosen yaşlı sedimanter birim ve Pleyistosen yaşlı pekişmiş ve pekişmemiş genç çökellerle örtülmüştür. Çalışılan alanın genel jeolojisi 1/500.000 ölçekli haritada görülmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Çalışılan alanın jeoloji haritası

Metamorfik Kayaçlar

Bölgede yer alan metamorfikler Eskişehir, Sivrihisar ve Mihaliççik metamorfikleridir. Eskişehir metamorfikleri koyu yeşil, yeşil, haki, gri, koyu gri, mavi ve kahverengimsi beyaz renklindedir. Melanj altında tektonik pencere konumunda yer alan glokofanitik yeşilşist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış bazik, pelitik ve karbonatlı kayaçların başkalaşımı ile oluşmuşlardır. Eskişehir kuzeyinden Bozüyük'e doğru uzanan Eskişehir metamorfikleri çok kıvrımlı ve kırıklı bir yapı sunmaktadır. Formasyonu oluşturan kayaç birimleri ortognays, yeşilşist, glokofanlı şist ve mikaşistlerdir (Ayaroğlu, 1979).

Eskişehir metamorfikleri üç grup altında incelenmiştir. İlk grupta, glokofan ihtiva eden ve yeşilşist fasiyesinin başlangıç koşullarında metamorfizmaya uğramış olan glokofanitik yeşilşistlerdir. Bu birimin alt seviyesini oluşturan yeşilşistler ikinci gruptaki metamorfiklerdir. Son grup, Bantlar halinde, metamorfiklerin en üst seviyelerini oluşturan mermerlerdir.

Çalışma alanı içerisinde Sivrihisar metamorfikleri yalnızca mermerlerle ve metafilizlerle temsil edilmekte, çalışma alanının GD'da yer almaktadır (Şekil 4.2) (Gözler ve ark., 1996).

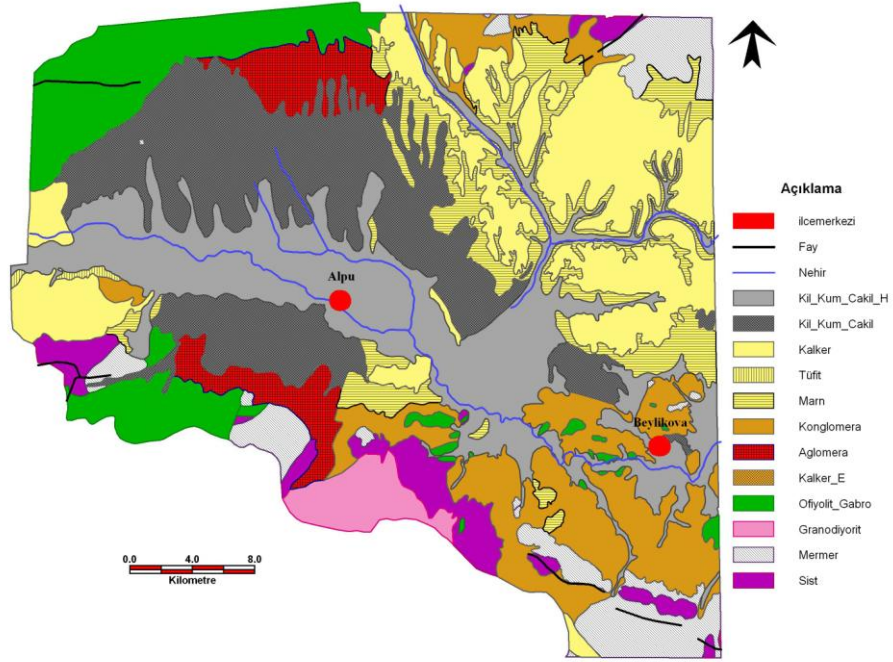
Mihalıççık metamorfikleri ise, Mihalıççık kuzeyinde ofiyolit napı altında tektonik pencere konumunda yüzeyleyen mavişist fasiyesi koşullarında metamorfizmaya uğramış kayalar ile yeşilşist fasiyesi koşullarında uğramış grafitik şistler ve mermerlerden ibarettir. Mihalıççık civarında görüldüklerinden bu ad altında incelenmişlerdir (Gözler ve ark., 1996).

Mihalıççık metamorfikleri ve Sivrihisar metamorfikleri sedimanter, bazik ve karbonatlı kayaların metamorfizmasıyla oluşmuşlardır. Mihalıççık mavişistleri, Mihalıççık galokofanitik yeşilşistleri ve Mihalıççık yeşilşistleri olarak üçe ayrılıp incelenmiştir. Kaya türü özellikleri ve mineral parajenezleri itibariyle aynı özellik göstermektedirler (Gözler ve ark., 1996).

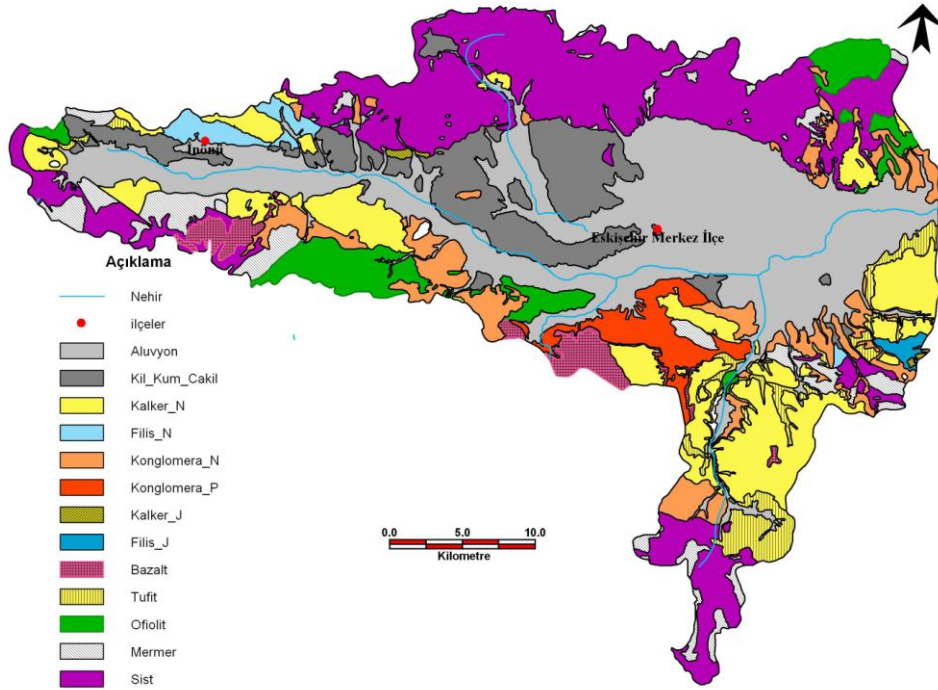
Mihalıççık metamorfikleri, Sivrihisar metamorfiklerine göre bazı farklılıklar göstermektedirler. Bunlar; Mavişist kuşağı içinde çok düşük dereceli pilovlavlara ve radyolaritlerin varlığının olması Mihalıççık metamorfiklerinde fasiyesden fasiyeye geçişler mineral parajenezleriyle belirlenebilmiş, Sivrihisar metamorfiklerinde bu geçiş net olarak görülmemektedir (Şentürk ve Karaköse, 1981). Mihalıççık yeşilşistleri içinde grafitik şistler görülmektedir fakat Sivrihisar metamorfiklerinde rastlanmamıştır (Gözler ve ark., 1996).

Şistler: Çalışma alanının etrafında gözlenen en yaşlı kaya birimidir. Bu yörede yapılan çalışmada mikrofosillere dayanılarak bu birimin yaşı Triyas (yaklaşık 230-200 milyon yıl önce) olarak belirtilmiştir (Ayday ve ark., 2001). Muttalıp Belediyesinin kuzeyinde yer alan Eskişehir metamorfikleri ve Mihalıççık kuzeyinde Gökçekaya Barajı'nın kuzey ve güneyinde yer alan Mihalıççık metamorfikleri içerisinde farklı mineral parajenezine sahip, farklı fasiyes ortamlarında oluşmuş şistler gözlenmektedir (Şekil 4.3).

Sakarya Nehri'nin 4-5 km güneyinde yer alan düşük ısıda oluşmuş şistler; biyotitşist, amfibolitşist, kloritşist, grafitşist, serisitşist, ve metabazitlerle temsil edilmektedir. Yeşilşist Fasiyesi olarak tanımlanan bu kuşakta en belirgin mineral olarak glokofan ve lavrosit mineralleri göstermiştir. Glokofanın, bazik kökenli kayalardan gelişmektedir.



Şekil 4.2. Alpu Ovasının sayısallaştırılmış jeoloji haritası



Şekil 4.3. İnönü Ovasının sayısallaştırılmış jeoloji haritası

Eskişehir kuzeyinde Sakarılıca mevkiinde asit magmanın yerleşimi sonucu belirlenen bölgesel metamorfizma kayaçları, yeşilşist fasiyesini karakterize etmektedir. Bu kayaçlar, biyotitşist, kloritşist, epidotşist, granatşist, biyotit-epidotşist, klorit-serisitşist şeklindedir.

Granatoyitin güneyinde ve kuzeyinde yer alan kontakt metamorfizma kayaçları ise bölgesel metamorfizma kayaçlarından farklı mineral parajenezleri içerir. Çok sert ve masif yapılı, kırılması güç olan kontakt metamorfizma kayaçları, hornfelsler, hiperbiyotitli hornfelsler, amfibolit ve sillimanitşistlerden oluşmuştur (Gözler ve ark.,1985). İnceleme alanında bulunan şistler;

- Epidot-muskovit-klorit-kuvars-albit şist
- Albit-epidot-amfibolit şist
- Aktinolit-klorit-albit-epidot şist
- Muskovit-kuvars-klorit şist
- Albit- muskovit-klorit şist
- Kuvars-albit-epidot şist
- Glakofan+lavsonit şist
- Glakofan+granat+kalsit şist
- Glakofan+epidot+albit şist (Gözler ve ark.,1985).

Mermer: Mermerler, üst Paleozoyik-Triyas yaşlı şistlerin üst seviyelerinde gözlenmektedir. Mermerler, metamorfizmadan dolayı ilksel yapılarını kaybetmişler ve ikincil bir yapı kazanmışlardır. Bölgede Beylikova'nın güneyinde ve kuzeyinde şistler ve gnayslarla dokanak halinde bulunan bu mermerler Orta Triyas-Jura yaşlıdır ve dolomitik özelliktedir. Koyu gri, siyah renktedirler. Eskişehir yerleşim yerinin güneyinde ve Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi doğusunda bulunan bir başka mermer ise Orta Triyas-Jura yaşlıdır. Gökçekaya Barajı güneyinde bulunan mermerler ise, masif yapıda geniş bir yayılım sunmaktadır

Melanj: Bu karmaşık birim, metamorfik kayaçlar üzerine tektonik dokanakla gelir. Genellikle ultrabazik kayaçların bloklarından oluşmuş bir karmaşık şeklindedir. Triyas sonunda bu bölgede olduğu bilinen okyanus

kapanmasının ürünüdür. Radiolaritler, çamurtaşları, diyabazlar, radiolaryalı kireçtaşları, rekristalize kireçtaşı, serpantin, diyabaz, yer yer serpantinleşmiş peridotit ve gabro blokları ile temsil edilir. (Gözler ve ark., 1985). Bazı bölgelerde melanjin üstüne Porsuk formasyonu birimleri gelmektedir.

Peridotit: Peridotit, Eskişehir'in kuzeydoğusunda çok geniş sahada yüzeylenir. Peridotit dünit ve harzburjitten oluşmuştur. Dünit genellikle sarı, harzburjit ise koyu ve açık rengi ile ayırt edilebilir. Genellikle daha dayanıklı ve sert olduğu için daha sivri ve yüksek tepeler oluşturmuştur. Tüm kayalar içinde süreksizlikler gelişmiştir. Atmosferik koşullar nedeniyle peridotitlerde serpantinleşme hakimdir. Serpantinleşmenin ve süreksizliklerin yoğun olduğu bölgelerde manyezit yataklarının bulunması sahaya önemli bir özellik katmaktadır (Ayday ve ark., 2001).

Diyabazlar: Peridotit kütleleri içinde ince Bantlar ve yer yer dağılmış kafalar halinde görülmektedir. Subofitik dokudaki diyabazlarda yer yer matamorfizma izlerine rastlanmaktadır.

Gabro: Bölgenin kuzeydoğusunda Yarımca Köyünün doğusunda ve Eskişehir yerleşim yeri Orhangazi mahallesi civarında gabro, geniş sahada yüzeylenme göstermektedir. Rengi koyu yeşil ve siyahtır. Eskişehir Sultandere'nin batısında yeralan Porsuk formasyonları içinde gabro mostra vermektedir (Ayday ve ark., 2001).

Granitoyit: Çalışma alanında, Sarıcakaya ve Mihalgazi ilçeleri kuzeyinde, DKD-BGB doğrultusunda uzanmaktadır. Granodiyoritler Karbonifer yaşlıdır. Granitoyit olarak tanımlanan derinlik kayaları, asit nitelikte ve granitik bileşimlidir. Bu derinlik kayaları aynı kalkoalkalen magmadan türemişlerdir. Granitoyit kayaları arasında granodiyoritten, kalkoalkalen granite kadar değişen kayaç birimleri yer almaktadır (Kibici, 1984). Kalkoalkalen granitler asit karakterlidir. Kalkoalkalen granitler, mafik mineraller yönünden fakirdirler ve az miktarda biyotit içerirler. Kuvarsmonzonit kalkoalkalen granitlere eşlik

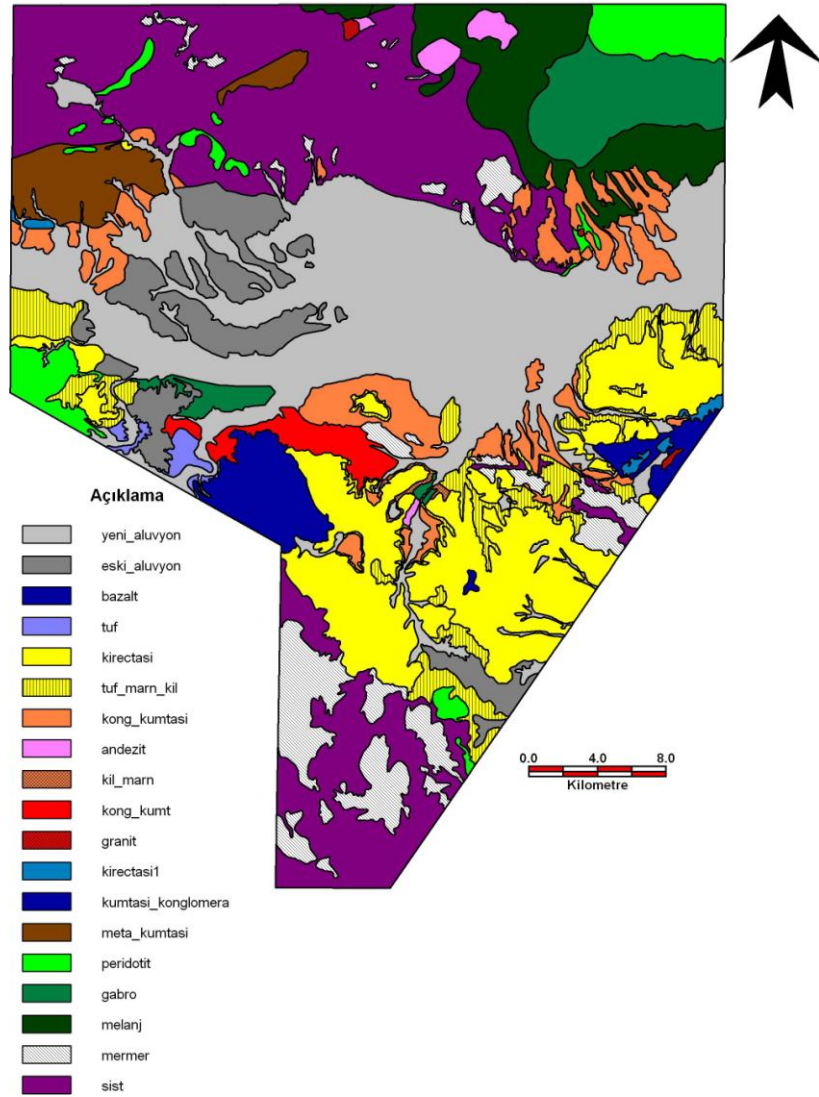
etmektedir. Granodiyoritler, içerdikleri mafik minerallere göre biyotitli, biyotitli+hornblendli ve hornblendli olmak üzere çeşitli bileşimdedirler. Granodiyoritte kuzeyden güneye doğru litolojik fasiyes değişimi bulunmaktadır (Kibici, 1984).

Granit: Granitik birimin en iyi görüldüğü yer, Sakarya Nehri kuzeyidir. Altında bulunan metakumtaşları ve metamorfiklerle tektonik birliktelik sunar. Jura yaşlı kireçtaşları, Yörük Karacaören köyünde daha genç porfiri granit tarafından kesilmektedir. Birim Neojene ait litolojiler tarafından örtülmüştür.

Bazalt: Eskişehir yerleşim yerinin güneyinde bulunan bazalt, koyu yeşil renkte olup yer yer tüf tabakaları ile birlikte görülmektedir. Karacaşehir'in güneyi ve Kızılınler Köyünün doğusunda kalan bölgede oldukça geniş ve düz bir topografya sergilemektedir. Hamur maddesi, plajiyoklaz ve piroksen ya da olivin mikrolitleridir. Bazaltın yaşının Pliyosen olduğu tahmin edilmektedir.

Kireçtaşı, Konglomera, Kumtaşı ve Kiltası: İnceleme alanında Karacaören mevkiinde mostra veren kireçtaşı ve kumtaşı Jura yaşındadır (Şekil 4.4). Birim, Sakarya Nehri'nin kuzey ve güneyinde mostralar vermektedir. Sarıcakaya kuzeyinde gnayslar üzerinde diskordan olarak yer alan birim, güneyde ise Üst Kretase üzerinde tektonik olarak yer almaktadır.

Karacaören, Zenzemiye güneyi mevkilerinde görülen birim altta kumtaşları ile başlar üste doğru masif kireçtaşlarına geçer. Batı Anadolu ve Orta Sakarya'da Bayırköy kumtaşı olarak bilinen bu birim, altta kahverengi, sarı renkli konglomera, orta-kalın tabakalı ve sert bir özelliğe sahip kumtaşlarıyla temsil edilmektedir. Kireçtaşları ise beyaz, gri renkli ince dokulu, orta kalın tabakalı ve yer yer silis arakatlıdır. Bölgede değişik lokasyonlardan alınan örneklerdeki fosil içeriğine göre birimin yaşı Üst Jura-Alt Kretase olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Eskişehir jeoloji haritası (Ayday ve ark., 2001)

Konglomera ve kilaşları ile yeşil, sarı, kırmızı renkte aralanmalı yer alan kumtaşı ve killi kireçtaşı ise Üst Paleosen yaşlıdır. Atalan köyü kuzeyindeki mostra, ofiyolitik kayaçları örtmüş ve asidik kayaçlar tarafından da kesilmiştir.

Eosen yaşlı kırmızı, şarabi renkli konglomera, kumtaşı, kilaşları ile bunların üzerine gelen killi sarı, yeşil renkli killi kireçtaşı birimleri, Eskişehir'in güneyinde Meşelik mevki ve Kütahya yolu, Karacaşehir ve Mamuca köyü civarında görülür. Mamuca formasyonu olarak adlandırılmaktadır. Renk kırmızı-şarabi açık yeşildir. Mamuca köyü batısında Ayrıklı dereye killi kireçtaşlarından

oluşan kirlı sarı, yeşil renkli bol fosilli seviye yer almaktadır. Daha yaşlı birimler üzerinde dikordan olarak yer alan birimin bu özelliği Mamuca köyü batısında açık olarak görölmektedir. Eosen yaşlı konglomera, kumtaşı üyesi olarak yüksek enerjili bir ortamda teşekkül etmiş ve konglomera, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ardalanması gelişi güzel oluşmuştur. Üst seviyelerde ise çökeltme sakin bir ortamın ürünleri şekliindedir. Konglomera, kumtaşı, kumlu kireçtaşı arakatkılar arasında yer yer görölen tüfit tabakaları bölgede bir volkanizmanın varlığına işaret etmektedir.

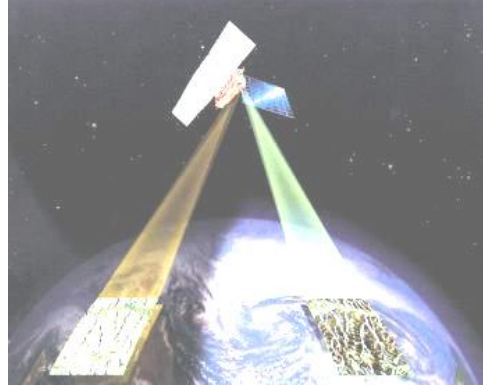
Eski Alüvyon: Bu birim, yeni alüvyon ile birlikte Eskişehir yerleşim alanının önemli bir bölümünü kaplar ve Kuvaterner yaşlıdır. Ayrıca inceleme alanında Sakarya vadisi boyunca yer alır. Eski alüvyon, D-B veya KB-GD yönünde uzanan eski akarsuların taşıyıp biriktirdiği tortullardan oluşmuştur. En iyi gözlenebildiği yüzeylenmeler Porsuk ve Sakarya Vadisi'dir. Eski alüvyonun en üst seviyesini killi ve kireçtaşı birikiminden oluşan ince sert bir seviye oluşturur. Bu seviye asit ile köpürmektedir. Bu seviyenin rengi beyazdır ve bu özelliği ile birçok yerde uzaktan tanınır. Bu seviyenin altında ince kum-silt, iri kum seviyeleri gelir. Devamlı tabakalanma gösterirler. Bu seviyelerin altında konglomera gözlenir. Çakılar peridotit, diyabaz, gabro, çört ve kireçtaşından oluşur. Bu seviyenin altında kumtaşı-silttaşı ve kiltası tekrar ardalanır.

Yeni Alüvyon: Eskişehir ve civarının en genç birimidir. Dere yatakları boyunca kum-çakıl şeklinde klastik malzemelerdir. Eskişehir yerleşim alanı içinde en geniş alanlar kaplar. Sarıçay Dere'si, Hamamdere-Bozaniç Dere'si, Porsuk Çayı sınırı boyunca bu birim yer alır. Bu birim Eskişehir Ovasını dolduran gevşek tortullardan oluşmuştur. Taneler arasında çimentolanmadan bahsetmek olanaksızdır. Bu birimin en üst seviyesini oluşturan organik toprak görünümündeki seviyenin kalınlığı yer yer değişir. Genellikle bu seviyenin altında silt %'sinin daha fazla olduğu siltli-kum gelir. Bu seviyenin rengi açık sarı ve sarıdır. Bazı yerlerde bu seviyenin altında kalın kil seviyesi gelir. Daha alt seviyelerde kum seviyesi ve onun altında siltli-kum gelir. Altta doğru kum % artar ve çakıllı kum seviyeleri başlar (Ayday ve ark., 2001).

5. UZAKTAN ALGILAMA

Uzaktan algılama tekniği; elektromanyetik enerjinin, özel algılayıcılar kullanılarak algılanmaları ve bilgisayar ortamında değeriendirilmesi temeline dayanır (Çelik ve ark., 2006). Uzaktan algılama yeryüzündeki doğal ve yapay cisimlerle doğrudan temas kurmadan, cisimlerin özelliklerini ortaya çıkarma tekniğidir. Yansıyan, geçirilen, soğrulan enerjinin algılayıcılar yardımıyla algılanması, kaydedilmesi ve işlenmesi sonucu ortaya konulmasıdır.

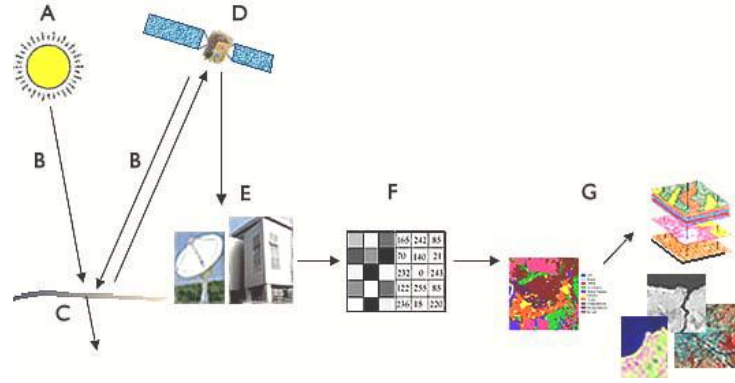
Başka bir tanımda uzaktan algılama, herhangi cisim veya bir nesneden belirli bir uzaklıklarda atmosfer veya uzaya yerleştirilen platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri yani algılayıcılar tarafından o cisim hakkında veri kazancı olarak tanımlanmıştır. Hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve radar görüntüleri uzaktan algılama verilerini oluştururlar (Şekil 5.1). Elde edilen bu veriler UA yöntemleri kullanılarak bilgi şekline dönüştürülür.



Şekil 5.1. Uydulardan yeryüzünün görüntülenmesi

5.1. Uzaktan Algılamının Bileşenleri

Uzaktan algılamada kullanılan elemanlar ve yapılan işlemler şematik olarak Şekil 5.2.'de görülmektedir (Anonim, 2007c). Uzaktan algılama; verinin elde edilmesi ve verilerin işlenmesinden oluşmaktadır.

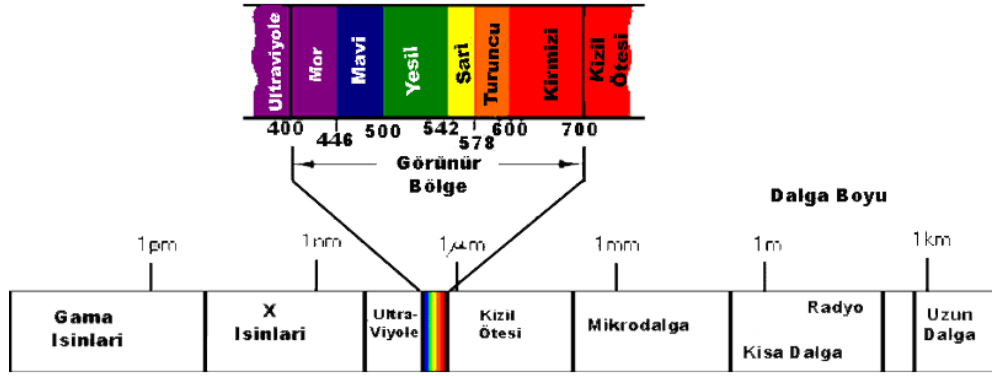


Şekil 5.2. Uzaktan algılamannın bileşenleri

5.2. Elektromanyetik Enerjinin Özellikleri

Güneş ve çeşitli doğal yada yapay kaynaklar değişik dalga boylarında elektromanyetik enerji saçarlar. Görünen ışık, insan gözü tarafından görülebilen veya algılanabilen elektromanyetik ışınımın birçok şekillerinden sadece birisidir. Radyo dalgaları, morötesi (ultraviyole) ışınları, x-ışınları diğer şekilleridir (Şekil 5.3). Görülebilen veya görülemeyen tüm elektromanyetik enerji, sinüzoidal elektrik dalgası (E) ve yayılma yönüne dik açı yapacak şekilde manyetik dalga (M) olmak üzere iki tip ışın yayar.

Elektromanyetik spektrumda görünür (visible) bölge dar olup insan gözünün spektral duyarlılığı sadece 0.4-0.7 μ kadar olan dalga boyları arasındadır. “Morötesi” (ultraviyole) görülebilen spektral bölgenin en kısa dalga boyu tarafındadır. Görülebilen bölgenin uzun dalga boyu tarafı “yansıyan kızıl ötesi (IR)” dalgaları, daha uzun dalga boyu tarafı ise “termal kızıl ötesi” enerjidir. 1 mm – 1 m arası daha uzun dalga boylarındaki spektrumun “mikrodalga” bölümüne gelir. En genel algılama sistemleri spektrumun bir veya çeşitli görülebilen, yansıyan kızılötesi, termal kızılötesi veya mikrodalga bölümlerinde çalışır (Önder, 2000). Yansıyan kızıl ötesi, bazı literatürlerde kısa dalga boylu kızılötesi (SWIR) olarak da isimlendirilir, yakın kızılötesi ve orta kızılötesi şeklinde iki bölgeye ayrılmaktadır. SWIR, yansıyan enerjiyi, uzun dalga boyu kızılötesi ise yayılan enerjiyi nitelemektedir.



Şekil 5.3. Elektromanyetik Spektrum

5.3. Ayırma Gücü

5.3.1. Konumsal Ayırma Gücü

Bir görüntü üzerinde yeryüzü özelliklerini tanımlayabileceğiniz en küçük cisim büyüklüğü, konumsal ayırma gücüne karşılık gelir. Basit bir ifadeyle bir görüntüleme sistemi tarafından ayrık kayıt edilebilen iki nesne arasındaki en küçük uzaklık olarak tanımlanır (Önder, 2002). Bu tanım piksel karşılık gelir. Konumsal ayırma gücü piksel büyüklüğüne bağlıdır. Haritalanan yüzeyin fiziksel ve spektral özelliklerini doğrudan alınabilmesi buna bağlıdır.

5.3.2. Spektral Ayırma Gücü

Yeryüzündeki nesnelerin ve arazi türlerinin uzaktan algılama yoluyla tanımlanabilmesinin en önemli nedeni spektral özelliklerinin değişim göstermesidir. Algılayıcı üzerindeki her spektral bant elektromanyetik spektrumun bir bölgesinde duyarlıdır. Algılayıcının spektral ayırma gücü, kullanılan kanalın bant genişliği ile belirlenir. Kuramsal olarak spektrum ne kadar çok ve küçük parçaya ayrılırsa, spektral ayırma gücü o kadar artar. En uygun spektral bant seçimi amaca göre değişmektedir. Örneğin, tarımsal ürün büyümesi ve gelişimi, görünen ve kızılötesi bölgelerde dar aralıklı bantlar kullanılarak daha iyi gözlenmektedir.

Spektral ayırma gücü, yansıyan enerjiyi ölçen algılayıcıların dalga boyu ölçme kapasitelerini tanımlamak için kullanılır. Dalga boyları, mikrometre veya mikron ölçeğinde ifade edilirler. Bant sayısı ise sistem tarafından ölçülebilen birbirinden ayrı yansıma dalga boylarını açıklamak için kullanılır. Örneğin; dört bantlı multispektral algılayıcı yansıyan enerjiyi dört değişik dalga boyu aralığında ölçer.

5.3.3. Radyometrik Ayırma Gücü

Radyometrik ayırma gücü ya da radyometrik duyarlılık, algılayıcı tarafından toplanan verilerin, seçilebilen ayrık parlaklık değeri sayısı ve düzeyinin belirlenmesini tanımlar. Diğer bir deyişle sinyalin bölünebildiği ayrık düzey sayısının saptanmasıdır (Önder, 2002).

Radyometrik ayırma gücü, bilgisayar ortamında ve ikili sayı sistemi veya bit cinsinden tanımlanmaktadır. Genellikle 8 bitten oluşan ve bir bayt (byte) adı verilen radyometrik ayırma gücü gösterimi, 0 ile 255 arasında değişen $2^8=256$ farklı parlaklık düzeyinin sayısal ortamda yer almasını sağlamaktır. ASTER algılayıcısının radyometrik ayırma gücü VNIR ve SWIR bölgesinde 8 bitken, TIR bölgede 12 bittir ve 4064 farklı renk sayısal ortamda yer alır.

5.3.4. Zamansal Ayırma Gücü

Uzaktan algılamanın önemli konularından biri de zaman içerisindeki değişimleri izlemek olduğundan, algılayıcı sistemin ayırma gücü karakteristiklerinin belirlenmesinde zamansal ayırma gücünün de önemli bir yeri bulunmaktadır (Önder, 2002). Yeryüzündeki nesnelerin fiziksel, kültürel ve spektral özellikleri belirli bir zaman aralığı içinde bir takım değişiklikler gösterir. Bu zaman aralığı yıl, mevsim, ay, birkaç gün ve hafta olabilmektedir. Ürün rekolte tahmini, yerleşim yerlerindeki gelişim, hidrolojik değişim, deprem, deniz taşımacılığı, ekili alan izlenmesi gibi önemli dinamik olayların algılanmasında, zaman faktörü çoğu kez anahtar rol oynamaktadır.

5.4. Görüntü Ön İşleme (Preprocessing)

Mükemmel olarak tanımlanabilecek bir algılayıcı sistemi henüz gelişmemiştir. Bununla birlikte, arazi yapısının karmaşıklığı; konumsal, spektral, zamansal ve radyometrik ayırma gücü gibi sınırlamalara sahip basit algılayıcı sistemlerle, belirlenememektedir. Bu nedenle veri toplama işleminde bazı hatalar ortaya çıkmakta ve toplanan algılayıcı verilerinin kalitesi düşebilmektedir (Önder, 2002). Bu hatalar görüntü analizlerinin doğruluğu üzerine etki yapmaktadır. Bu nedenle hataların bir kısmının analiz öncesinde ortadan kaldırılabilmesi için algılayıcı veriler bir ön işlemden geçirilmesi gerekmektedir. Ön işleme, görüntüden bilgi edinilebilecek, sonraki analizler için bir temel oluşturan, görüntü özelliklerini zenginleştirme ya da görüntüyü hazırlama safhasıdır (Campbell, 1996). Radyometrik ve geometrik hatalar, algılayıcı görüntülerinde karşılaşılan en genel hata türleridir.

5.4.1. Radyometrik Hatalar ve Düzeltmesi

İki çeşit radyometrik bozulma vardır. Birincisi; herhangi bir banttaki görüntü üzerinde parlaklıkların dağılımının, yeryüzündeki karşılığından farklı olabilmesidir. İkincisi; tek bir pikselin parlaklığı, banttan banda çarpıklık (distortion) gösterebilmesidir. Aletsel ve atmosferik etkiler bu bozulmalara neden olmaktadır (Önder, 2002).

Radyometrik düzeltme ile istenmeyen atmosferik etki, sistem gürültüsü ve algılayıcı hareket etkileri uzaklaştırılır (Campbell, 1996). Radyometrik düzeltmeler tarayıcı veya görüntünün geometrisine bağlı olmaksızın verilerdeki sistematik hataları ortadan kaldırmak amacı ile veriler üzerine yapılan dönüşüm işlemleridir. Sistematik hatalar sabit karakterli ve modellenen türdeki hatalardır.

5.4.2. Geometrik Hatalar ve Düzeltilmesi

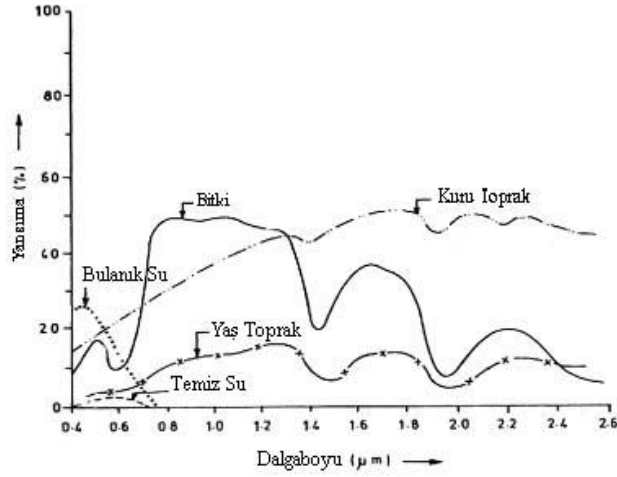
Geometrik düzeltme; ham görüntüdeki geometrik bozulma etkilerinin giderilmesi ve görüntünün yer kontrol noktaları kullanılarak tanımlı bir coğrafi koordinat sistemine oturtulması işlemidir. Düzeltilecek görüntüdeki nokta koordinatlarının, yer kontrol noktaları koordinatları ile tanımlanırken yapılan işleme *rektifikasyon* denir. İki görüntünün aynı noktalarını eşleştirme ya da bir görüntüyü diğerine göre düzeltme işlemine ise *koordinat eşleme* (register veya jeoreferanslama) denilmektedir (Anonim, 2007c).

5.5. Spektral İmza (Spectral Signature)

Cisimler elektromanyetik spektrumun farklı dalga boyu aralığında farklı yansımaya veya emilim özelliğine sahiptirler. Güneş ışınları bir minerale veya bir hedef yüzeye çarptığı zaman hem ışının hem de cismin özelliklerine bağlı olarak ışınların bir kısmı yüzeyden yansırken, geriye kalan ışın yüzeyden geçer veya cisim tarafından emilir.

Elektromanyetik radyasyon yoğunluğu ile dalga boyu arasındaki ilişki *spektral tepki eğrisi* (*spectral response curve*) olarak tanımlanır (Gupta, 1991). Bir cismin yansımaya spektrumu, gelen dalga boyunun bir fonksiyonu olarak yansıyan radyasyonun bir parçasının x, y düzleminde gösterimidir (Liew, 2001). Bir cisme veya cisimlerden oluşan gruba ait spektral tepki eğrisi *spektral imza* veya *parmak izi* (*spectral signature*) olarak adlandırılır (Gupta, 1991). Uzaktan algılamada cisimlerin spektral davranışları ve/veya tepkileri yüksek yansımaya, düşük yansımaya ve soğurulma özelliklerine bağlıdır.

Her cismin kendine ait bir imzası vardır. Bir cisim, kendi spektral imzasından. Spektral imzalar, herhangi bir uzaktan algılama uzmanının uydu görüntüsü hakkında yorum yapabilmesi için gerekli temel bilgileri bulundurur (Gupta, 1991). Kayaç tipleri, bitki türleri veya su kirliliğinin belirlenmesi gibi uydu görüntüsü ile yapılan çalışmalarda cisimlerin spektral imzalarından yararlanılır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Doğal objelerin tipik spektral tepki eğrileri (Gupta, 1991)

Minerallerin yansıma spektrumları arasındaki farklılıklar minerallerin kimyasal ve fiziksel bazı parametrelerindeki temel farklılıklarını göstermektedir (Clark, 1995). Bir spektral imza, mineralin kimyasal bileşimi, nem oranı, tane boyutu, kristal yapısındaki derecelenme veya oluşum sıcaklığı ile şekillenir. Bunun yanında, minerallerin ve kayaçların spektral imzaları atmosferik koşullara ve uzaktan algılayıcı sistemlerin spektral karakteristiğine bağlıdır (Jensen, 1986). ASTER uydu görüntüsünün alt sistemlerinin tasarımında spektral aralıklar VNIR, SWIR ve TIR şeklindedir.

Görünür -Yakın infraret(VNIR) : 0.4-1.0 µm

Kısa dalga-infraret (SWIR) :1.0-2.5 µm

Termal bölge (TIR) :8.125-11.65 µm

5.5.1. Mineral ve Kayaçların Spektral Özellikleri

Mineraller doğal ve inorganik maddelerden oluşmuşlardır. Mineraller katyon ve iyonların birleşmesinden meydana gelirler. Kimyasal bileşimlerine göre farklı spektral imzalara sahiptirler. Bir mineralin spektrumu onu oluşturan anyonlar, katyonlar, iyonlar ve kristal yapısı tarafından yönetilir. Aşağıda VNIR, SWIR ve TIR bölgelerinde mineral ve kayaçların gösterdiği spektral tepkiler verilmiştir.

Mineraller;

- Demir minerali spektral özellikleri ile VNIR bölgesinde oldukça iyi tanımlanır (Gad, S., ve Kusky, T., 2006) (EK). Kayaçlar içinde oldukça sık görülen demir iyonları ultraviyole-görünür (UV)-mavi dalga boyunda düşük yansımaya özelliğine sahiptir (Gupta, 2003). Örneğin limonit (demir oksit) Fe-O bileşiminden dolayı UV-mavi dalga boyu bölgesinde düşük yansımaya özelliğine sahipken, görünür bölgenin uzun dalga boyuna doğru yüksek yansımaya göstermektedir.
- VNIR ve SWIR spektrum aralığı, sırasıyla demiroksit, hidroksit, kil ve karbonat minerallerince zengin alanların belirlenmesinde ve ayrılmasında kullanılır (Crosta ve ark., 2003) (EK).
- Piroksenlerin düşük yansımaya Bantları demir iyonlarından dolayı VNIR ve silikat iyonlarından dolayı MIR bölgesidir (Clark, 1999).
- Olivin MIR bölgesinde görülmektedir. Eğer Mg mevcutsa 2.3 µm da olivin düşük yansımaya göstermektedir(Clark, 1999).
- Amfiboller, mikalar ve killer demir içerikleri nedeniyle VNIR bölgesinde, hidroksil iyonlarından dolayı SWIR bölgesinde ve içerdikleri silikat nedeniyle TIR bölgesinde düşük yansımaya gösterirler.
- Yeryüzündeki kayaçların önemli bir kısmını oluşturan silikatlar, oksitler, hidroksitler, karbonatlar ve fosfatlar gibi değişik anyon grupların VNIR bölgesinde spektral özellikleri düşüktür (Gupta, 2003).
- SWIR spektral aralığı ise fillosilikatlar ve karbonat minerallerin düşük yansımaya özelliği gösterdiği bir spektrum bölgesidir (Gad, S., ve Kusky, T., 2006) (EK).
- Karbonat mineralleri SWIR ve TIR bölgesinde düşük yansımaya gösterirler. SWIR bölgesi içinde karbonatların önemli düşük yansımaya bölgeleri 1.9 µm, 2.35 µm ve 2.55 µm dalga boylarındadır (Gupta, 1991). Bunun yanında 11.4 µm (ASTER Bant 14) spektrum değerliklerinde C-O bağından ötürü kalsit, 11.2 µm spektrum çevresinde dolomit düşük yansımaya özelliği göstermektedir (Ninomiya ve ark., 2005) (EK).

- VNIR bölgesinde, siderit içerdği demirden dolayı düşük yansımaya özelliği gösterir.
- Hidrotermal alterasyon mineralleri hidroksil mineralleri ile ilişkili olarak SWIR spektrum aralığında düşük yansımaya özelliği göstermektedir (Galvao, 2005).
- Hidroksil iyonları alüminyum ve magnezyum ile birlikte bileşim oluşturduğu zaman, Al-OH ve Mg-OH (killer ve hidrosilikatlar), spektrumun 2.1-2.4 µm bölgesinde düşük yansımaya özelliğine sahiptir. Killer yaklaşık 1.6 µm yüksek yansımaya gösterirler (EK).
- Kaolinit minerali 2.18-2.2 µm (ASTER Bant 6) dalgaboyu aralığında düşük yansımaya özelliği, 0.52-0.86 µm (ASTER Bant 1, Bant 3) spektrum aralığında yüksek yansımaya özelliğine sahiptir (Deller, A., 2006).
- Alunit minerali 1.6-1.7 µm spektral aralığında yüksek yansımaya ve 2.145-2.185 µm spektral aralığında düşük yansımaya özelliği ile diğer minerallerden ayrılır (San ve ark., 2004).
- Genel grup adı olarak sülfatlar, 9 µm ve 16 µm civarında gözlemlenirken,
- Fosfatlar, 9.25 µm ve 10.3 µm yakın spektrum aralığında gözlemlenir.
- Nitratlar, 7.2 µm dalga boyunda, nitritler, 8 µm ve 11.8 µm de spektral özelliğe sahiptirler.
- Oksitlerin spektral özellikleri 8 µm ve 12 µm aralıktadır.
- Yeryüzünde en çok miktarda buluna silikat mineralleri ise TIR dalga boyu bölgede gözlenir. 8.5-12 µm silikatlar yoğun emilim özelliğine sahiptir. Silika minerallerinin düşük yansımaya gösterdiği spektrum aralık ASTER uydu görüntüsünde Bant 11'e karşılık gelmektedir (Ninomiya, Fu ve diğ, 2005). Alüminyum silikatlar 12-15 µm bölgesinde düşük yansımaya özelliğine sahiptir (Gupta, 2003).
- Su molekülleri 1.4 µm-1.9 µm dalgaboyu aralığında düşük yansımaya özelliğine sahiptir.

Kayaçlar, minerallerin bir araya gelmesiyle oluşan oldukça karmaşık bileşimli ve mineralden daha değişken bir yapıya sahiptir. Bu nedenle kayaçların

tanımlayıcı spektral eğrilerini elde etmek oldukça zordur. Buna rağmen kayaçların spektral özelliklerinin içerdiği minerallerin bileşimlerine bağlı olarak yüzeysel tanımlanması mümkündür. Aşağıda bazı kayaçların veya kayaç gruplarının spektral özellikleri verilmiştir.

- Grafik granit 1.4 μm , 1.9 μm ve 2.2 μm 'de düşük yansımaya özelliği gösterir. OH ve H₂O'nun düşük yansımaya gösterdiği Bantlarla uyumludur.
- Biyotit granit ve granit, bünyesinde az su molekülü bulundurur. Bu sebeple emilim azalır.
- Ultramafik kayaçlar, yüksek miktarda opak mineral ve Fe²⁺ ürünü mineraller içerirler. Örneğin piroksenitin düşük yansımaya gösterdiği elektromanyetik spektrum aralığıdır (0.7 μm ve 1.0 μm).
- Dünit, çoğunlukla olvinden meydana gelir. Bu nedenle 1.0 μm 'de düşük yansımaya özelliğine sahiptir(EK).
- Şistler, mermerler ve kuvarsitler, 1.4 μm ve 1.9 μm spektrum aralığında gözlenir (EK).
- Genellikle tüm sedimanter kayaçlar suyun emilim Bandında (1.4 μm ve 1.9 μm) tepki verirler (EK).
- Kil ve şeyl 2.1-2.3 μm 'de emilim özelliğine sahiptir.
- Demirli ve demir iyon içerikli sedimanter kayaçlar VNIR bölgesinde emilim özelliği gösterirler.
- Karbonatlı şeyller ve az silisli kumtaşları spektral özellik göstermezler.
- Kireçtaşları ve kalkerli kayaçlar, 1.9 μm ve 2.35 μm 'de düşük yansımaya özellikleriyle karakterize edilirler (EK).

EK'te çalışma alanı içinde bulunan bazı kayaçların laboratuvarından elde edilen spektral imzaları verilmiştir.

6. KULLANILAN UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ

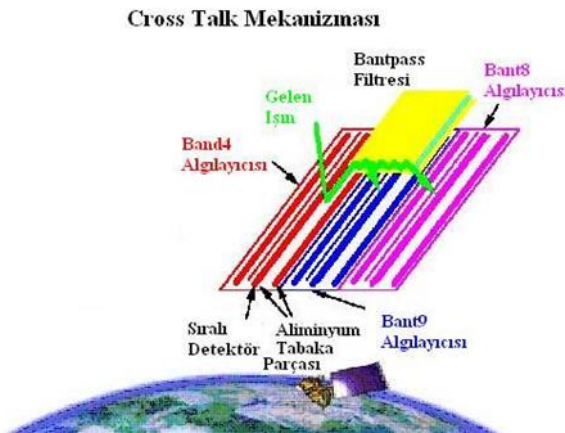
6.1. Görüntü Ön İşleme Teknikleri

6.1.1. Cross Talk Düzeltmesi

Cross Talk, detektörler arasındaki sızıntı (leakage) anlamına gelir (Hewson, 2002). Pek çok bilim adamı tarafından SWIR bantlarında meydana gelen bu sızıntı önemli bir problem olarak görülmektedir. Bu problem özellikle ASTER SWIR'in 5 ve 9 Bantlarında göze çarpar. Spektral imzaların laboratuvar/arazi ölçümlerinde güvenli bir şekilde tanımlanmasında Cross Talk (sızıntı) engel teşkil edebilir (Hewson, 2002).

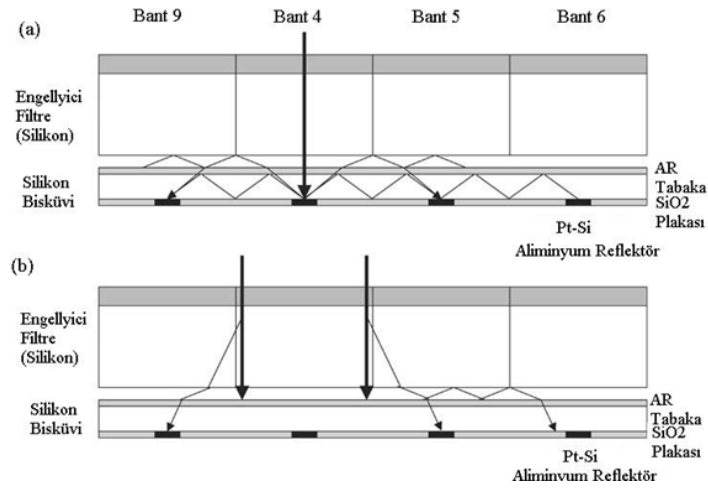
ASTER'in 4. bandı Cross Talk probleminin sebep olduğu banttır. Cross Talk, ASTER Bant 4'ün bitişiğindeki 5. ve 9. bantlara sinyallerin sızması sonucu oluşmuş bir bozulmadır (Kalinovski ve ark., 2004). Bant 4 detektör düzlemi üzerine gelen fotonların bazıları yansır. Bu şaşılacak bir durum değildir, çünkü kusursuz bir detektörde bile gelen ışınların % 30 kadarı yansiyabilir. Fakat asıl problem, 4. Banttın çevredeki diğer bantların detektörlerine sıçrayan ışınları engelleyen bir yapının ya da saptırıcının olmamasıdır (Hewson, 2002).

Detektörlerin bazıları gelen ışınları toplayana kadar fotonlar diğer detektörler tarafından yakalanır. Bant 9 detektörü Bant 4 filtresinden gelen bir fotonu yakalıyorsa bu durumda *Cross Talk* oluşur (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Cross Talk'un oluşum mekanizması

Bant 4'e gelen elektromanyetik enerji diğer bantlara gelen enerjiden yaklaşık beş kat daha fazladır. Bu nedenle Bant 4'ten çıkan ışın diğer SWIR bantlarından çok yüksektir. Bant 4'ten sızan fotonların miktarı çok az olsa bile, diğer bantlara etkisi büyük olacaktır. Etkinin 5. ve 9. bantlarda fazla olmasının sebebi, bu detektörlerin Bant 4 detektörüne en yakın konumda olmasındandır (Hewson, 2002). Bant 4 detektörüne gelen ışın Alüminyum tabaka parçasından yansır, oradan detektör düzlemi ile engelleyici filtreleri arasındaki boşlukta yer alan diğer 5. ve 9. bantların detektörlerine ulaşır (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. Cross Talk Mekanizması (a) Bant 4 detektörleri ve (b) Filtre sınırları (Iwasaki ve ark., 2005)

ASTER SWIR alt sisteminde meydana gelen sızıntıyı azaltmak ve SWIR'ın spektral ayırım gücünü geliştirmek için ERSDAC tarafından Cross Talk düzeltme algoritması geliştirilmiştir (Iwasaki ve ark., 2005). Cross Talk modeli sapan ışık miktarını ve alansal etkisini görüntü analiz yöntemleri ile düzeltir.

6.1.2. Radyans Kalibrasyonu ve Histogram Dengelemesi

Radyans kalibrasyonu, algılayıcılar tarafından algılanan sayısal değerlerin yeniden ölçeklendirilmesidir. Algılayıcı sinyallerin ölçeklenmesi ile 8-bit lik bir verideki bilgi kaybının azaltılması sağlanır. ASTER'in HDF formatındaki veri seti, ölçekleme değerleri olan *Birim Dönüşüm Faktörü* (UCF)

(Unit Conversion Factors)'nü içerir. Birim dönüşüm faktörü olarak tanımlanan kalibrasyon katsayıları, algılayıcı açıklığındaki sayısal görüntü değerlerinin, Band içindeki yansıma değerliğine dönüşümünü sağlar.

Histogram dengelemesi ya da koyu piksel çıkartması (dark pixel subtraction) ise görüntü içindeki en düşük parlaklık değerliğine sahip pikselin, görüntüdeki tüm piksel değerlerinden çıkartılması işlemidir. İncelenen spektral banda ait en düşük parlaklık değeri olan sabit parlaklık değerliğinin (bias) orijinal parlaklık değerliğinden çıkartılmasıdır. Çıkartılan bias değeri atmosferin artı etkisi olarak tanımlanan radyometrik değerliğidir.

6.2. Görüntü Zenginleştirme Teknikleri

6.2.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA)

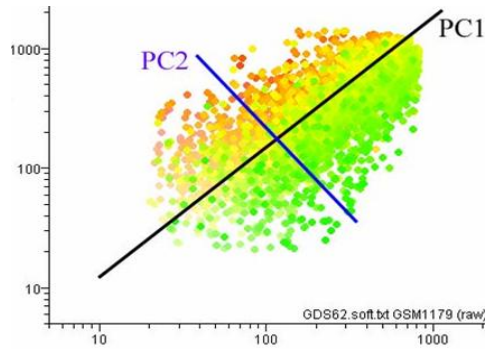
Temel bileşenler analizi (PCA, Principle Component Analysis), aralarında korelasyon bulunan değişkenler setini, korelasyon olmayan yeni bir değişken setine dönüştüren tekniktir (Zhang, 2002, Sümer, 2006). Temel bileşenler analizi bazen Karhunen-Loeve (KL) Dönüşümü olarak da adlandırılır (Jensen, 1986). Temel bileşenler analizi gürültüyü filtrelemede, sistemlerin gruplandırılmasında kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu teknik yüzey cisimlerinin görsel olarak yorumlanmasında ve tanımlanmasında oldukça yararlıdır. Analiz, benzer verileri sıkıştırarak veri tekrarını önler ve esas veriden daha yorumlanabilir bir görüntü elde edilmesini sağlar (Sümer, 2006). Ayrıca çok boyutlu karmaşık yapıdaki veriler içinden istenilen cisimlerin tanımlanmasında sıkça kullanılan bir tekniktir (Simith, 2002).

Bu teknik, birden fazla Bant üzerine uygulanabilir. Bantlar genellikle birbirleriyle görsel ve sayısal olarak oldukça ilişkilidir. Bu nedenle çok boyutlu veri içerisindeki cisimleri tanımak ve birbirinden ayırmak zorlaşabilir. Analiz, birbiriyle ilişkili bu veri setine istatistiksel bir dönüşüm modeli uygulanarak gerçekleştirilir. Veriyi dönüştürmek için veri setinin kovaryans matrisinden türetilen *doğrusal dönüşüm (the linear transformation)* faktörü kullanılır (Jensen, 1986).

Sayısal görüntülerde bu dönüşüm, görüntünün geometrik özellikleri üzerinde yapılan konumsal bir dönüşüm değil, görüntünün radyometrik (spektral ya da renk) özellikleri üzerinde yapılan istatistiksel bir dönüşümdür (Akça ve Doğan, 2002).

Eigenvektör ve eigendeğerler kovaryans-varyans matrisinden türetilmiştir. Eigenvektör ve eigendeğerlerin oluşumuyla temel bileşen (PC) değerleri bulunur. En büyük eigendeğeri ile eigenvektör, veri seti içindeki en güçlü korelasyona sahip yönelimlerle uyum içerisindedir. Her eigendeğeri, yeni koordinat eksenini boyunca PC görüntünün varyansına eşittir. Eigendeğerlerin toplamı orijinal görüntünün tüm Bant varyanslarının toplamına eşittir. Böylelikle veri içindeki toplam varyans korunmuş olur.

Temel Bileşenler Analizinin amacı, esas eksenleri yeni eksenler setine veya boyuta çevirmek ve/veya döndürmektir. Böylelikle eksenler değiştirilerek yeni bir koordinat sistemi yaratılır. Bu yeni eksenin birinci temel bileşeni PC1 (Principle Component 1) olarak adlandırılır ve diğer bileşenlere göre en fazla bilgiye sahiptir (Şekil 6.3). PC1, genellikle kullanılan tüm Bantların ağırlıkça ortalaması olarak bulunur. Tüm Bantlara ait bilgileri bu görüntü içinde görmek mümkündür. PC1 genel bir albedo görüntüsüdür. Bu nedenle, PC1 görüntüsünde veri tekrarı oldukça fazladır. İkinci Temel bileşeni, PC2 olarak adlandırılır ve bir önceki eksene diktir. Diğer bileşenlerin eksenleri birbirine dik bir şekilde örnek uzayda yerleşirler. Diğer PC'ler genellikle değişik Bantlardaki farklılıklardır (örneğin PC2, görünür ile kızılötesi Bantları arasındaki farklılıkları verir) ve spektral bilgi içerir (Gupta, 2003).



Şekil 6.3. İki temel bileşen (PC) ile veri seti

PC1'de genellikle toplam varyansın yaklaşık %90'ı, PC2 ise varyansın yaklaşık %50'dir. Üçüncü, dördüncü, beşinci ve devamındaki bileşenlerin varyans miktarı azalarak devam eder. Değişik spektral bantlarından oluşmuş her bir PC görüntüsündeki asıl bilgiyi eigenvektör matrisi verir (Gupta, 2003). Artı ve eksi değerlikte olan eigenvektör matrisi PC görüntülerinin sahip oldukları spektral bilgileri gösterir. Bu yöntem alterasyon zonlarının haritalanmasında, litolojik birimlerin belirlenmesinde oldukça sık kullanılır.

6.2.2. Crosta Tekniği

Temel bileşenler analizinin farklı bir kullanım şeklidir. Crosta tekniği, temel bileşenler analizi temeline dayalı bir metottur. Çalışma içinde ortaya çıkartılması istenilen belli bir cisme yönlendirilmiş Temel Bileşenler Seçimi (Feature Oriented Principle Component Selection) olarak adlandırılır (Crosta ve Moor, 1989). PCA tekniğinde elde edilen eigenvektör değerlerinden yararlanır. Eigenvektör matrisi hedef yüzey hakkında spektral bilgiyi içeren temel bileşen görüntülerinin tanınmasını sağlar. İlgilenilen cismin eigenvektör matrisindeki işaret ve büyüklüğüne bağlı olarak görüntüde koyu ya da açık renkte olduğu Crosta tekniği ile belirlenir (Pekesin, 2005). Crosta tekniği dört ya da altı bant üzerine uygulanabilir.

6.2.3. Dekorelasyon Gerilmesi

Temel bileşenler analizinin bir diğer şekli olan dekorelasyon gerilmesi, birbirleriyle ilişkili çok boyutlu görüntülerin geliştirilmesinde oldukça kullanışlı bir tekniktir. Esası temel bileşenler analizi olan dekorelasyon gerilmesi, korelasyonu yüksek olan çok bantlı görüntüler için bir renk zenginleştirme tekniğidir (Sümer ve diğ., 2006). Dekorelasyon gerilmesi band içerisindeki korelasyonu azaltmak ve gerdirme işlemi ile renk değişimini geliştirmek ve böylelikle görsel yorumlamayı güçlendirmektir. Gerdirme işlemi orijinal görüntü üzerine yapılmaz. Bu işlem yapılırken renk içindeki değişiklikleri azaltır, rengin doygunluğu artırır (Abrams ve ark., 1995).

Dekorelasyon geriliminde önce eigenvektör matrisindeki sıra ve sütunların yerleri değiştirilerek temel bileşenlere dönüştürülür. Daha sonra Guassian gerilmesi ile kontrast eşitlemesi yapılır. Böylece tüm temel bileşenlerin histogramları belirlenmiş bir varyans aralığında Guassian dağılımına yaklaşır (Gupta, 2003). Son olarak, temel bileşenler dönüşümünün tersi olan bir koordinasyon dönüşümüyle veri esas spektral kanallarına aktarılır (Sümer ve ark., 2006).

6.2.4. Bant Orantılama

Bant orantılama, çok bantlı görüntü zenginleştirme teknikleri içinde oldukça başarılı bir yöntemdir. Bu yöntem, güneş yansımından kaynaklanan farklılıkların, topoğrafik etkilerin azaltılmasında ve görüntü içindeki spektral bilgilerin iyileştirilmesinde sıkça kullanılır (Gupta, 2003).

Bant orantılama, tüm bantlarda 0 değerliğine yakın olan koyu renkteki gölgelik alanları ortadan kaldırmak için kullanılabilecek oldukça etkin bir yoldur. Bunun yanında spektral eğilimli harita yapımında kullanılır. Bant orantılama yöntemi ile anomaliler görüntü üzerinde abartılarak ön plana çıkartılır ve haritalaması yapılır (demir oksit içerikli, kil içerikli, klorofil veya su emme özellikli alanların bu yöntem kullanılarak haritalarının hazırlanması) (San ve ark., 2004).

6.2.5. Kontrast Zenginleştirme

Kontrast zenginleştirme, orijinal girdi parlaklık değerlerini, çıktı aletinin toplam alanına veya duyarlığına erdirtmek için yapılan genişletme ya da yayma işlemidir. Doğrusal ve doğrusal olmayan şekilde iki tür sayısal kontrast zenginleştirme tekniği bulunmaktadır

6.3. Sınıflandırma Analizi

Sınıflandırma birçok bilim dalında kullanılan bir karar verme işlemidir (Ayhan ve ark., 2003). Görüntü sınıflandırma metodu *Sayısal Cisim Tanımlaması (Pattern Recognition)* temeline dayanır (Gupta, 1991). Görüntü sınıflaması uydu görüntülerinden gerekli bilgilerin çıkarılması ve harita elde edilmesi sürecidir.

Sınıflandırmanın temel amacı uydu görüntüsündeki farklı nesnelere birbirlerinden ayrılması ve tanımlanmasıdır. Sınıflandırma analizinde bir veya birden çok multispektral Bantın parlaklık değerleri ve arazide karşılık geldikleri nesne veya cisimler (bilgi sınıfları) kullanılır. Sınıflandırma işleminde kullanıcı spektral sınıfları ve bilgi sınıflarını birbirinden ayırır (Anonim, 2007b).

Sayısal görüntü sınıflaması, parlaklık değerlerine bağlı olarak piksellerin belirlenen sınıflara yerleştirilmesidir (Campbell, 1996). Sınıflandırma işleminden sonra harita veya görüntü üzerindeki bu sınıflar her biri farklı renk ve sembollerle tanımlanmış tek bir görüntü olarak görülür. Her bir sınıf içindeki piksellerin parlaklık değerlikleri birbirlerine oldukça yakın, komşu sınıfların parlaklık değerleri birbirlerinden uzaktır.

Sınıflandırma matematiksel ve istatistiksel yöntemler kullanılarak bilgisayar ortamında gerçekleştirilir. Sınıflandırma işlemi iki aşamada gerçekleştirilir. İlk aşama, yeryüzündeki gerçek nesne sınıflarının (bilgi sınıfları) tanımlanmasıdır. İkinci aşamada ise, farklı Bantlardaki piksellerin özellikleri doğrultusunda o pikselin ait olduğu sınıfın bulunmasıdır (Ayhan, 2003).

Temelde iki tip sayısal görüntü sınıflandırma metodu vardır: *Kontrollü Sınıflandırma (Kontrollü cisim tanımlaması)* ve *Kontrolsüz Sınıflandırma (Kümeleme Analizi)* (Gupta, 1991).

6.3.1. Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrolsüz Sınıflandırma, çok fazla sayıda bilinmeyen pikselin hesaplanması ve piksellerin doğal özelliklerine bağlı olarak homojen sınıflara veya kümelere ayrılması sürecidir (Ayhan, 2003).

Kontrolsüz sınıflandırmanın bazı getiri ve götürüleri vardır. Getirileri, öncelikle bölge hakkında önceden bilgi edinmeye gerek yoktur. Aynı zamanda kullanıcının bu sınıflandırma yöntemine etkisi oldukça sınırlıdır (Campbell, 1996). Bu yöntemde kullanıcı tarafından yapılabilecek hatalar en aza indirilir. Bunun yanında kontrolsüz sınıflandırma yöntemi oldukça hızlıdır. Diğer taraftan kontrolsüz sınıflandırma ile veri içinde, kullanıcı gerektiren bilgi sınıfları yerine öncelikle spektral homojen sınıflar tanımlanır.

Götürüleri ise, kontrolsüz sınıflandırma veri içerisinde spektral değerlere dayalı homojen sınıflar oluşturur. Kullanıcının ilgilendiği alanlar (bilgi alanları) ile bu homojen sınıfların birbirleriyle eşleşmeleri kontrolsüz sınıflandırmada zorlaşır. Bu kullanıcının karşılaştığı problemlerden biridir. Bu sınıflamada kullanıcının kontrolü sınırlıdır. Bu sebeple sınıflara ve tanımlamalarına fazla müdahale edemez. Bilgi sınıflarına ait spektral özellikler zamana bağlı olarak değişebilir (mevsimsel etkiler, yıla bağlı değişimler). Sonuç olarak bilgi sınıfları ile spektral sınıflar arasındaki ilişki sabit değildir (Campbell, 1996).

6.3.2. Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü Sınıflandırmada, görüntü içerisinde ilgilenilen alanlarla tanımlanan bilgi sınıfları (*informational classes*) belirlenir ve onların spektral ayırt edilebilirliği incelenir. Diğer bir tanımla kontrollü sınıflandırma, konumları önceden bilinen ve kullanıcı tarafından bilgisel sınıflara yerleştirilen örnekler kullanılarak, sınıflandırılmamış piksellerin uygun olan bilgi sınıflarından birinin içine yerleştirilmesidir. Bilgi sınıfları, konumsal özelliği bilinen ve kullanıcı tarafından belirlenen piksellerden oluşan eğitim sınıfları veya alanlarıdır (training sites).

Kontrollü Sınıflandırma uygulama süreci oldukça ayrıntılıdır. Öncelikle, haritalar yardımıyla veya arazi çalışmaları sonucu incelenecek alanda bilinen sınıfları temsil edecek eğitim alanları belirlenir. Bu alanlar sınıflandırmada kullanılacak her bilgi sınıfı için yeterli düzeyde homojen ve temsil edici olmalıdır. Eğitim alanları, her bir sınıftaki parlaklık değerlerinin dağılımını ve/veya türünü belirler.

Görüntüdeki her piksel, sınıfların spektral imzalarıyla karşılaştırılarak en çok benzediği sınıfa yerleştirilir. İstatistiksel kavramlara dayalı sınıflandırma yöntemleri, Ortalamaya En Az Uzaklık Yöntemi, Paralel Kenar Yöntemi ve En Yüksek Olasılık Yöntemidir.

Kontrollü sınıflandırmanın diğer sınıflandırma yöntemlerine göre getirisi oldukça fazladır. Kontrollü sınıflandırma yöntemi sınıfların haritalanmasında çok daha doğru sonuç verir. Sınıflandırma yöntemleri ağırlık olarak görüntü analizlerinin becerisine ve kabiliyetine bağlıdır. Kullanıcı, eğitim alanlarına dayanarak piksellerin doğru sınıflandırılıp sınıflandırılmadığına karar verilmesi gibi ciddi hatalar tespit edebilir. Sınıflandırmada eğitim alanlarının doğru olmaması büyük problemler doğurur. Bununla birlikte eğitim alanlarının doğru belirlenmesi daima doğru bir sınıflandırma vermez. Bir Kontrollü sınıflandırma sonuç sınıfların kullanıcı kontrolü altında olmasına izin verir, fakat sınıfların doğru belirlenmesi için önce doğru arazi bilgisi gerektirir.

Diğer taraftan kontrollü sınıflandırmanın götürüleri, kullanıcı tarafından belirlenen sınıflar veri içerisindeki var olan doğal sınıflarla eşleşmeyebilir. Bu yüzden çok yönlü veri uzayı içinde sınıflar birbirinden ayrılmayabilir. Bunun yanında eğitim verileri ilk olarak bilgisel özellikleri, ikinci olarak da spektral özellikleri dikkate alınarak tanımlanır. Bu durum sınıflandırmanın doğruluğunu etkileyebilir. Kullanıcı tarafından en iyi şekilde belirlenen eğitim verileri, görüntü üzerindeki elemanların tam bir temsilcisi olmayabilir. Sonuç olarak kontrollü sınıflandırma ile sınıflar tanımlanamayabilir çünkü çok tayflı bir görüntünün çözünürlüğünden dolayı görüntü üzerindeki alanlar çok küçük tanımlanır.

6.4. Doğruluk Analizi

Doğruluk analizi, eğitim alanı olarak ayrılan bölgeler dışında kalan alanlara ilişkin piksel değerlerinin, referans kabul edilen, harita ya da arazi hakkında kesin bilgi veren kaynakla istatistiksel olarak karşılaştırma ilkesine dayalı bir kontrol yöntemidir (Ayhan ve ark., 2003). Hatalar, piksellerin yanlış sınıflandırılmasından dolayı oluşmaktadır.

Genel sınıflandırma doğruluğu (yüzde olarak) her bir sınıf doğruluğunun ortalamasıdır. Bir başka yaklaşım ise, olasılık matrisiyle sağlanmış bilgiyi özetleyen kappa (κ) katsayısı, sınıflandırmanın doğruluğunu ağırlıklı olarak hesaplayan bir istatistiksel ölçü olarak kullanılır.

Sonuçta bulunan (κ) değeri;

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^n x_{ii} - \sum_{i=1}^n x_{i+} * x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^n x_{i+} * x_{+i}}$$

formülünden hesaplanır.

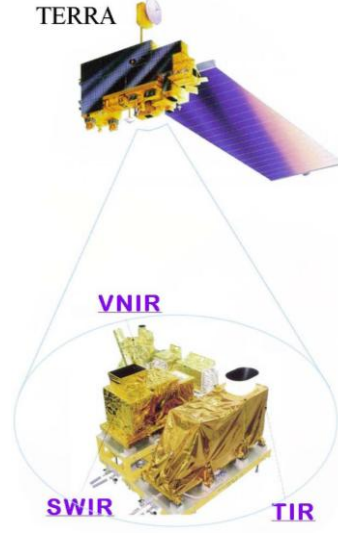
7. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLER VE YAZILIMLAR

Bu bölümde çalışmada kullanılan veriler ve analiz çalışmalarında kullanılan yazılımlar hakkında bilgi verilecektir.

7.1. ASTER

ASTER (The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) NASA tarafından TERRA uzay aracı üzerine yerleştirilmiş multispektral görüntüleri kayıt eden gelişmiş bir modüldür (Şekil 7.1). ASTER uydusu; NASA, Japon Uluslararası Endüstri ve Ticaret Bakanlığı olarak bilinen Ekonomi-Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (METI) ile Japonya'nın Dünya Uzaktan Algılama Veri Analiz Merkezi (Earth Remote Sensing Data Analysis Centre) (ERSDAC) arasındaki ortak sanayi ve bilim işbirliği ürünüdür (Anonim, 2004). TERRA uydusu 18 Aralık 1999 tarihinde Van Der Berg Hava Üssü'nden (Kaliforniya) başarıyla uzaya fırlatılmıştır. ASTER, 24 Şubat 2000 tarihinde veri toplamaya başlamış ve 01 Aralık 2006 tarihinden itibaren veriler kullanıma sunulmuştur (Anonim, 2003).

TERRA, NASA'nın Yeryüzü Araştırma Sistemince (EOS) geliştirilen çok aygıtlı uzayaracı serisinin ilkidir. Teknik ve veri bilgi sisteminden (EOSDIS) oluşan EOS, kutupsal bir yörünge etrafında dönen ve düşük eğimli uyduların düzenli bir serisini sağlar. ASTER'le birlikte TERRA üzerinde *Orta Çözünürlükte Görüntü Spekroradyometresi* (MODIS), *Çok Açılı Görüntü Spektro-Radyometresi* (MISR), *Bulutlar ve Dünya'nın Işık Enerji Sistemini* araştıran (CERES) ve *Traposferde Kirlilik Ölçümü* (MOPITT) olmak üzere beş değişik modül bulunmaktadır.



Şekil 7.1. TERRA uydusu ve ASTER alt sistemlerinin genel görünümü

ASTER, yüksek konumsal, spektral ve radyometrik çözünürlüğüyle görünürden termal kızılötesine kadar 14 bandı ile geniş bir spektral aralığa sahiptir. Bununla yanında yakın-kızılötesi aralığında geri-bakış (3B) ile stereo görüş sağlayan bir Banda sahiptir. ASTER'in konumsal çözünürlükleri farklı dalgaboyları ile değişir; 15 m ile görünür ve yakın-kızılötesi (VNIR), 30 m ile kırsadalga-kızılötesi (SWIR) ve 90 m ile termal-kızılötesidir (TIR). Her bir ASTER görüntüsünün çerçeve boyutu 60×60 km'lik bir alanı kaplar. Uydu yüksekliği enleme bağlı bir yapı göstermesine karşın, ortalama 705 km civarındadır. ASTER uydusunun ömrü 6 yıl olarak planlanmıştır. Uydunun elips yörünge düzlemi ile güneş arasındaki açı sabit olup 98.9°, ekvator düzlemini alçalma noktasında daima aynı zamanda geçer (Çelik, H. ve ark., 2006). Birbirine komşu yörünge izleri arasındaki uzaklık ekvatorunda 172 km'dir (Abrams, ve Hook, 2002). ASTER'e ait yörünge parametreleri, algoritmaların uygulanması için tanımlanmıştır.

ASTER verileri bir bölgedeki değişim tespiti (*change detection*), kalibrasyon/geçerlilik gibi bilimsel çalışmaları ve uzun süreli yeryüzünün büyük çaplı araştırmaları için kullanılan bir uydular serisinin birleşimidir (Gillespie ve ark., 2005). Bununla birlikte; jeoloji ve toprak çalışmalarında, volkanik aktivitelerin izlenmesi, karbon döngüsü ve deniz ekosistemi, duman ve bulut

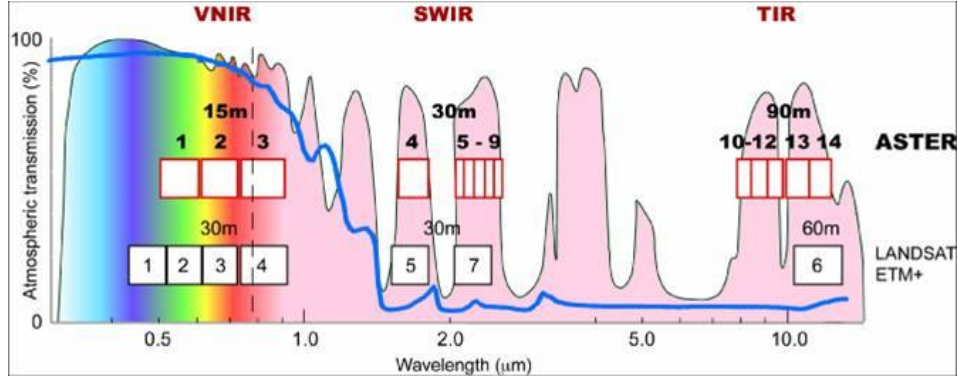
gözlemleri, buharlaşma-terleme, hidroloji, bitki ve ekosistem dinamiği, toprak yüzeyi iklimi konularında ASTER görüntülerinden yararlanılmaktadır (Anonim, 1996).

7.1.1. ASTER Uydu Sistemi ve Özellikleri

ASTER modülü üç farklı algılayıcıdan oluşmaktadır: Görünür ve Yakın-kızılötesi (VNIR) 15 m'lik konumsal çözünürlüğü ile üç bant (Bant 1, 2 ve 3N) ve bir bant stereo görüş için geri bakış teleskopu (3B); Kırsadalga Kızılötesi (SWIR) 30 m'lik konumsal çözünürlüğü ile 6 bant; ve Termal Kızılötesi (TIR) 90 m'lik konumsal çözünürlüğe ile 5 banttır. Farklı Japon firmaları tarafından üretilen her bir alt sistem kendi teleskopu ile farklı spektral bölgede işlem yapar. ASTER'in spektral Bant aralıkları Çizelge 7.1'de görülmektedir. ASTER spektral bant aralıklarının Landsat TM bantları ile olan karşılaştırması Şekil 7.2'de görülmektedir.

Çizelge 7.1. ASTER algılayıcıları ve Radyometrik özellikleri

| Altsistem & detektör tipleri | Bant | Tayfsal Aralık (µm) | Radyometrik Çözünürlük | Radyometrik Nicelik | 1-σ Kalibrasyon belirsizliği | Konumsal Çözünürlük (m) |
|--|-------------|---------------------|------------------------|---------------------|--|-------------------------|
| VNIR (Si-CCD 5000 × 4) | 1 | 0.52-0.60 | 0.5% | 8 bit | ± 4 % | 15 |
| | 2 | 0.63-0.69 | | | | |
| | 3N, | 0.78-0.86 | | | | |
| | 3B | 0.78-0.86 | | | | |
| SWIR (Soğutulmuş PtSi 2048 × 6) | 4 | 1.60-1.70 | 0.5% | 8 bit | ± 4 % | 30 |
| | 5 | 2.145-2.185 | 1.3% | | | |
| | 6 | 2.185-2.225 | 1.3% | | | |
| | 7 | 2.235-2.285 | 1.3% | | | |
| | 8 | 2.295-2.365 | 1.0% | | | |
| TIR (Soğutulmuş HgCdTe PC 10×5) | 9 | 2.360-2.430 | 1.3% | 12 bit | 3 K (200-240 K) 2 K (240-270 K) 1 K (270-340 K) 2 K (340-370 K) | 90 |
| | 10 | 8.125-8.475 | 0.3 K | | | |
| | 11 | 8.475-8.825 | | | | |
| | 12 | 8.925-9.275 | | | | |
| | 13 | 10.95-10.95 | | | | |
| 14 | 10.95-11.65 | | | | | |



Şekil 7.2. ASTER bantları spektral aralıklarının Landsat TM bantları spektral aralıkları ile karşılaştırılması

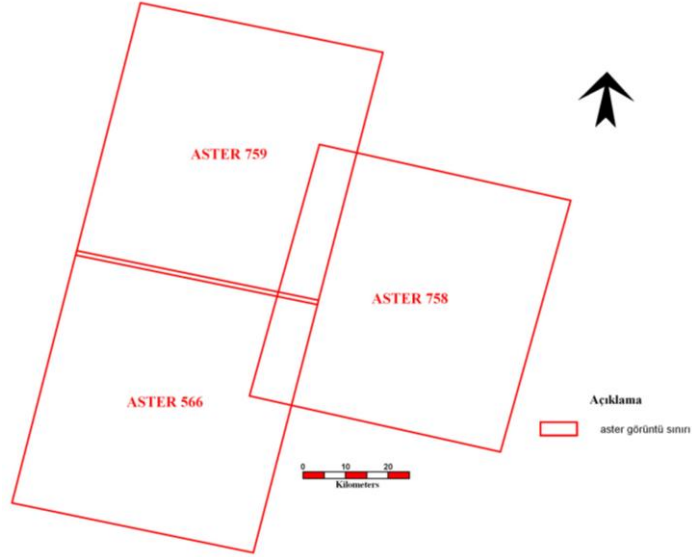
7.2. Kullanılan Uzaktan Algılama Verisi

Çalışmada, son yıllarda jeolojik araştırmalarda oldukça önem kazanan 14 Bandıyla ASTER uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bant aralıklarının oldukça kısa olması litolojik birimlerin birbirinden ayırt edilmesini kolaylaştırmaktadır. Bu çalışmada, inceleme alanını içeren üç ASTER L1A görüntüsü kullanılmıştır. Kullanılan ASTER verileri, sırasıyla 14.08.2003 ve 22.09.2003 tarihlerinde görüntülenen üç farklı alandan oluşmaktadır. Görüntüler çalışma alanının büyüklüğü dikkate alınarak belirlenmiştir. Uydu görüntülerinin tarihi, uydunun yeryüzünü kaydettiği anın tarihidir.

Bu çalışmada kullanılan 14.8.2003 tarihinde çekilen ASTER uydu görüntülerinin yörünge koordinatları 178,94,1, ve 178,93,1'dir. 22.9.2003 tarihinde çekilen ASTER uydu görüntüsünün yörünge koordinatı ise 179,93,6'dır. İnceleme alanını içeren üç ASTER görüntüsünün yukarıda belirtilen yörünge koordinatlarına göre adları ve numaraları sırasıyla;

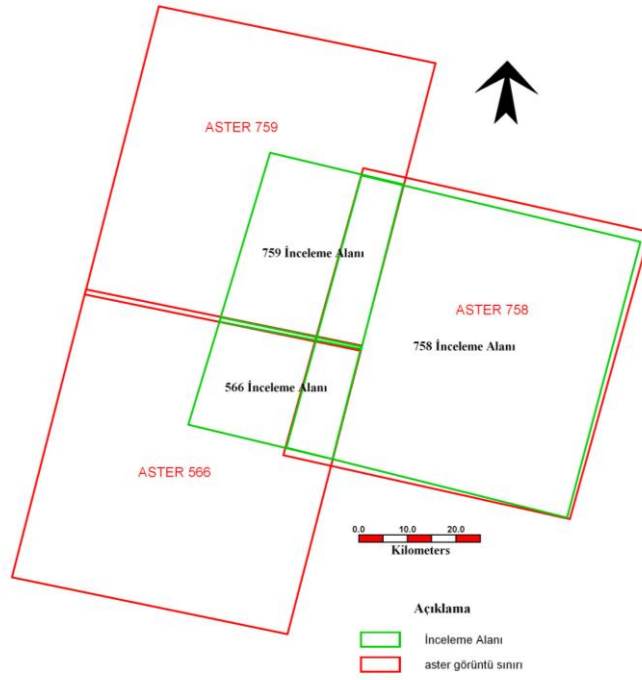
1. AST L1A 0308140850200309070141 (ID No: AST3A1 0308140850200511300566),
2. AST L1A 0308140850110309070140 (ID No: AST3A1 0308140850110511290759),
3. AST L1A 0309220856440310040586 (ID No: AST3A1 0309220856440511290758).

Çalışma boyunca her bir uydu parçasının isimlerinin anlaşılabilir olması için görüntülerin sahip oldukları ID Numaralarının son üç rakamı kullanılmıştır. Aster566, Aster758, Aster759 şeklinde tanımlanmıştır (Şekil 7.3).



Şekil 7.3. İnceleme alanını içeren ASTER uydu görüntülerinin konumu

ASTER L1A uydu görüntüleri, UTM, Zon 36, Datum WGS84 projeksiyon sistemine göre IMAGINE yazılımı ile coğrafik koordinatlarına oturtulmuştur. Radyometrik ve geometrik düzeltmeleri tamamlandıktan sonra, ASTER görüntülerinden istenilen bölgeler kesilmiştir. Farklı tarihlerde görüntülenen ASTER görüntülerinin, incelenen alan sınırı ile olan konumu Şekil 7.4'te verilmiştir.



Şekil 7.4. İnceleme alanı ve 758, 759 ve 566 numaralı ASTER uydu görüntülerinin konumu

14.08.2003 tarihinde 566 ve 759 ID numaralı görüntüler çekildikten 39 gün sonra, 22.09.2003 tarihinde (çekimden sonraki ikinci yörüngesinde) 758 ID numaralı görüntü çekilmiştir. Geçen bu 39 günlük zaman dilimi içerisinde güneşin ufuk üstündeki yüksekliği, diğer bir ifadeyle *Deklinasyon açısı* değişmiştir. Bu nedenle, özellikle doğu ve batıdaki görüntüler arasında zamansal farklılık meydana gelmiştir.

Deklinasyon açısı, güneşten gelen ışınların ekvator düzlemi ile yaptığı açı olarak tanımlanır (Ardel ve ark., 1969). Deklinasyon açısının farklı olması, yeryüzüne gelen güneş ışın miktarının ve enerjisinin değişmesine neden olacaktır. Bunun neticesinde uyduların alıcıları tarafından ölçülen elektromanyetik spektrum miktarı değişecektir. Bu durum, görüntülerin parlaklık değerlerini etkileyecektir. Doğu ve batıdaki uydu görüntülerinin çekildiği tarihlere bakılarak, çekim anları arasındaki deklinasyon açısı farkı hesaplanmıştır.

Deklinasyon açısının maksimum değerleri, 21 Haziran ve 21 Aralık'ta olup, $23^{\circ}27''$ 'dir. 21 Mart ve 23 Eylül'de güneş ışınları tam ekvator düzlemine paralel geleceğinden açının değeri sıfır olur (Ardel ve ark., 1969). 14 Ağustos

tarihinde çekilen ASTER görüntülerinin deklinasyon açısı $40^{\circ}61'$ iken, 22 Eylül tarihli ASTER görüntüsünün deklinasyon açısı $50^{\circ}26''$ 'dir. Komşu iki yörüngelerden çekilen görüntülerin deklinasyon açıları farkı $9^{\circ}65''$ 'dir.

Deklinasyon açıları arasındaki bu farklılık uydu görüntülerinin piksel değerlerine yansımıştır. Piksel değerlerinde değişim olup olmadığına doğu-batı ve kuzey-güney yönlü görüntüler üzerinden bakılmıştır. Bunun için doğu-batı yönlü komşu yörüngeler üzerinde çekilen görüntüler ile kuzey-güney yönünde çekilen ikili görüntüler arasındaki birbiri üzerine binen alanlar seçilmiş ve yaklaşık 30 noktadan değer okunmuştur. Bu alanlarda aynı koordinat değerine sahip pikseller seçilmiştir. Sabit bir nokta üzerinden doğudaki uydu görüntüsünün piksel değeri ile batıdaki görüntüsünün piksel değeri arasındaki farkın, yaklaşık ortalama 20 sayısal değerlik (8 bit'lik bir görüntüde) olduğu görülmüştür. Aynı tarihte çekilmiş kuzey-güney yönlü uydu görüntülerinde, bu sayısal farklılığın ise yaklaşık 1-2 piksel parlaklık değeri olduğu saptanmıştır. Piksel değerlerindeki bu farklılığın atmosferik etkilerden de olabileceği belirtilmemiştir.

Bu çalışmada öncelikle, üç farklı alana ait ASTER görüntüleri birleştirilmiştir (mozaikleme işlemi). Birleştirme işleminde, histogram eşitlemeleri ve renk dengelemeleri yapılmıştır. Histogram eşitleme ve renk dengeleme işlemi, sonuç görüntüdeki piksellerin parlaklık değerlerinin değişmesine neden olmuştur. Birleştirilmiş uydu görüntüsündeki piksellerin parlaklık değerlerinin, birleştirilmemiş görüntüdeki gerçek değerliklerini vermediği görülmüştür. Deklinasyon açısındaki farklılık, yan yana ve alt alta olan uydu görüntüleri arasında piksel değerlerinde farklılıklara neden olmuştur. Bu nedenle, çalışmada uydu görüntülerinin bir bütün halinde değil parçalar halinde çalışılması uygun görülmüş, ASTER görüntülerinden kesilen alanlar ayrı ayrı çalışılmıştır. Bütün işlemler her bir görüntü için ayrı ayrı uygulanmış ve değerlendirilmiştir.

ASTER görüntülerinin coğrafik koordinat değerleri ve kapladıkları alanlar Çizelge 7.2 ve 7.3'te verilmiştir.

Çizelge 7.2. Çalışılan ASTER alanlarına ait bilgiler

| | Boyutları (km) | Alan (km²) |
|------------------|-----------------------|------------------------------|
| Aster 566 | 30.073×23.565 | 707.74 |
| Aster 758 | 59.425×58.615 | 3480.636 |
| Aster 759 | 35.792×29.042 | 1036.282 |

Çizelge 7.3. Çalışılan ASTER alanlarının coğrafik koordinat değerleri

| | Köşe Noktaları | X | Y |
|-----------|-----------------------|-----------|------------|
| Aster 566 | Sol üst | 275879.87 | 4418859.43 |
| | Sağ üst | 304673.60 | 4413007.05 |
| | Sağ alt | 298821.21 | 4389831.61 |
| | Sol alt | 269208.16 | 4396971.52 |
| Aster 758 | Sol üst | 304907.69 | 4448355.44 |
| | Sağ üst | 362261.04 | 4434426.77 |
| | Sağ alt | 347513.04 | 4377658.66 |
| | Sol alt | 289574.45 | 4392172.56 |
| Aster 759 | Sol üst | 286063.02 | 4453037.34 |
| | Sağ üst | 313452.17 | 4446365.63 |
| | Sağ alt | 304790.64 | 4412421.81 |
| | Sol alt | 275645.78 | 4418274.19 |

7.3. Kullanılan Yazılımlar

Çalışma alanını kapsayan ASTER görüntülerine ait bilgilerin ve atmosferik bozunmanın düzeltilmesinde gerekli olan ilgili parametrelerin elde edilmesinde **ASTER Data Opener** yazılım programı kullanılmıştır.

SWIR Bant 4'te meydana gelen saçınımın Bant 5 ve 9 oluşturduğu Cross Talk etkisini ortadan kaldırmak için ASTER'in tüm bantları üzerine uygulanan Cross Talk düzeltmesi için ERSDAC tarafından geliştirilen **CrossTalk3** yazılım programı kullanılmıştır.

ASTER bantlar üzerindeki atmosferik ve radyans etkinin ortadan kaldırılmasında gerçekleştirilen aritmetik işlemler için **ER MAPPER 7.1** yazılım programı kullanılmıştır.

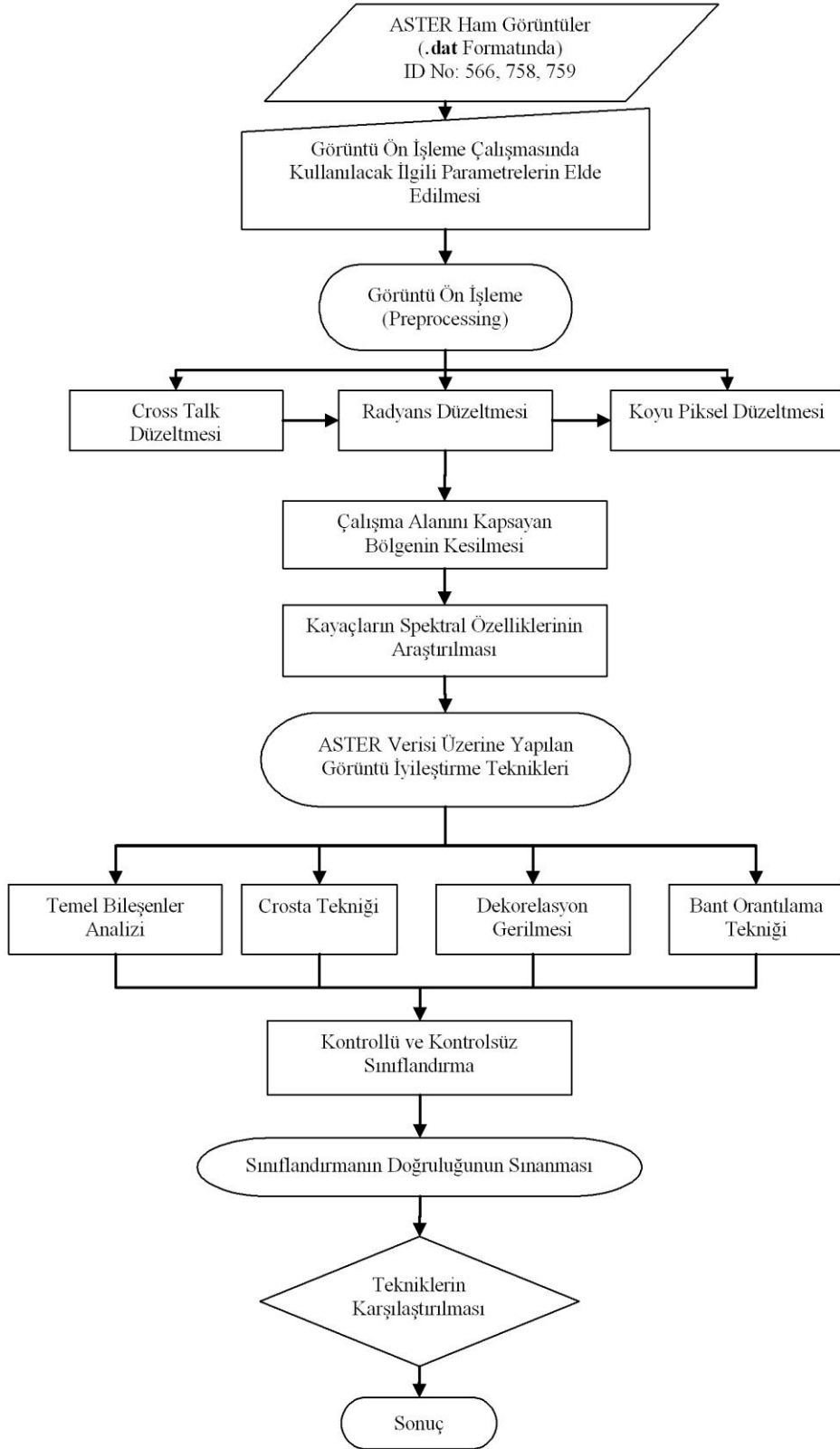
Çalışmada görüntülerin iyileştirilmesi, spektral imzaların elde edilmesi, temel bileşenler analizi, Crosta tekniği, Bant orantılama, dekorelasyon gerilmesi, sınıflandırma, doğruluk analizi raporlarının oluşturulması ve üç boyutlu görüntülerin hazırlanması işlemlerinde **ENVI 4.2** ve **Erdas IMAGINE 8.6** yazılım programları kullanılmıştır.

Elde edilen sonuç uydu görüntülerinin doğruluğunun vektör verilerle karşılaştırılmasında kullanılan 1/500.000 ve 1/100.000'lik jeolojik haritaların sayısallaştırılmasında ve kayaçlara ait bilgilerin veritabanına işlenmesinde CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) bilgisayar programı olan **GeoMedia Professional** yazılımı kullanılmıştır.

8. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada Şekil 8.1’de görüldüğü gibi bir yol izlenmiştir. Çalışmada 14.08.2003 ve 22.09.2003 tarihlerine ait 566, 758 ve 759 ID numaralı üç ASTER L1A görüntüsü kullanılmıştır. Yapılan çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler;

1. Görüntü ön işleme (Preprocessing) analizlerinin uygulanması,
2. ASTER görüntüleri üzerine görüntü zenginleştirme teknikleri uygulanması,
3. Kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırmaların yapılması ve bu sınıflandırmaların doğruluklarının sınanmasıdır.
4. Elde edilen sonuçlar bölgeye ait daha önce hazırlanmış 1/25.000, 1/100.000 ve 1/500.000 ölçekli jeolojik haritalarla ve yapılan arazi çalışmasıyla karşılaştırılmıştır.



Şekil 8.1. Çalışmanın akış çizelgesi

8.1. Görüntü Ön İşleme (Preprocessing)

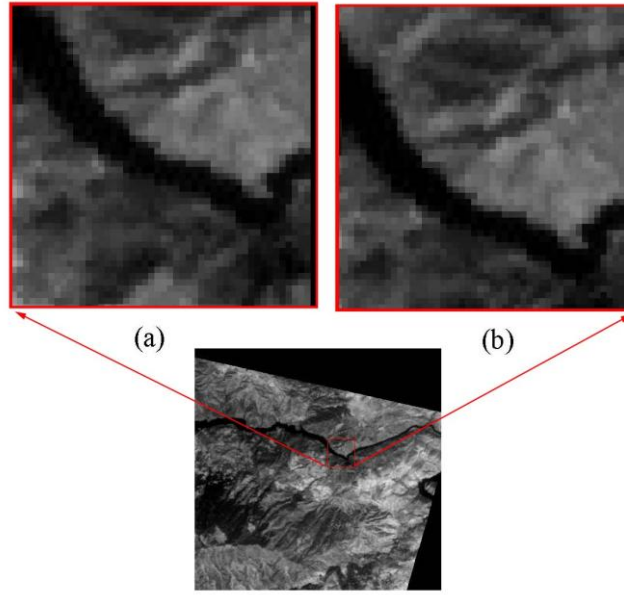
Uzaktan algılama yöntemi uygulanan sayısal görüntüler, düzenli ve düzensiz bazı hatalar içerir. Bu hatalar görüntü ön işleme aşamasında giderilir. Ön işlemler (preprocessing), esas verilerin ve bilgilerin doğru olarak ortaya çıkarılması için yapılması gerekli olan hazırlıkları içerir. Bunlar radyometrik ve geometrik düzeltmeler olarak isimlendirilirler. Radyometrik düzeltmeler, bilgilerdeki düzensiz ve yanlış algılamalara neden olan atmosferik etkilerin giderilmesini ve algılanan radyasyondan, cisimleri tam olarak temsil etmeyen yansımaların giderilmesi, ya da yok edilmesi işlemidir. Geometrik düzeltmeler ise, algılayıcı-yer geometrisi değişiminden dolayı meydana gelen şekil bozukluklarının giderilmesi işlemidir. Bu düzeltmelerin görüntü zenginleştirme ve sınıflandırma işlemlerine geçilmeden önce uygulanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, ASTER L1A görüntüsüne radyometrik ve geometrik düzeltmeler uygulanarak ASTER L1B görüntüsüne dönüştürülmüştür. ASTER L1A görüntüsü, radyometrik düzeltme katsayılarının verildiği fakat düzeltmenin yapılmadığı bir üründür. Bu katsayılar, Cross Talk, radyans ve Histogram dengelemesinde kullanılarak radyometrik düzeltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Geometrik düzeltmede ise, vektör veri kullanılarak görüntüler rektifiye edilmiştir.

8.1.1. Radyometrik Düzeltmeler

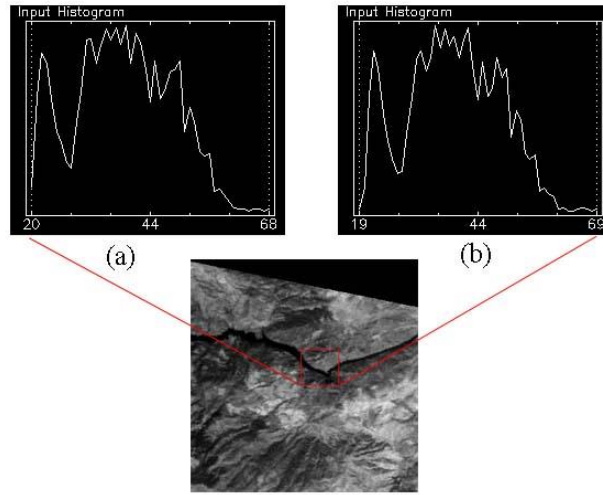
8.1.1.1. Cross Talk Düzeltmesi

Bant 4 algılayıcısının yarattığı saçınımın ortadan kaldırılması için ASTER'in tüm bantlarına Cross Talk düzeltmesi uygulanmıştır. Düzeltmenin uygulanmış ve uygulanmamış görüntüleri Şekil 8.2a ve b'de görülmektedir.

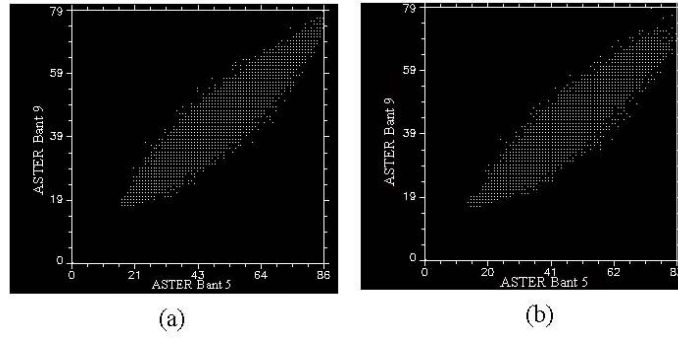


Şekil 8.2. Cross Talk düzeltmesi yapılmadan önceki (a) ve sonraki (b) Bant 5 görüntüsü

Yapılan düzeltmenin görüntü üzerindeki etkisini anlayabilmek için Bant 5 ve Bant 9'daki piksellerin parlaklık değerleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada piksellerin homojen olarak dağıldığı bir alan seçilmiştir. Suyun UA görüntüleri üzerinde homojen alanlar oluşturduğu bilindiğinden, bu karşılaştırmada görüntü içindeki suyun bulunduğu alanlar ele alınmıştır. Eskişehir kuzeyindeki Gökçekaya Barajı bu amaç için en uygun yer olarak seçilmiştir. Düzeltme sonrasında suyun piksellerinin parlaklık değerleri ve histogram eğrilerine bakılmıştır. Bant 5'in Cross Talk düzeltme öncesi ve sonrası görüntü üzerinde kırmızı renkte seçilen alana ait histogram eğrileri görülmektedir (Şekil 8.3). Düzeltme sonrasında piksellerin parlaklık değerlerinin "0" değerine yaklaştığı görülmektedir. Seçilen alanın Cross Talk düzeltmesi öncesinde 20 ile başlayan parlak değerleri düzeltme sonrasında 1-2 parlaklık değeri düşmüştür. Bununla birlikte saçınım etkisinin en çok görüldüğü Bant 9 ile Bant 5 arasında düzeltme öncesi ve sonrası piksellerin dağılımları karşılaştırılmıştır (Şekil 8.4). Düzeltme sonrası Bant 9'un Bant 5 göre piksellerinin parlaklık değer dağılımının "0" a doğru bir kayma gösterdiği, görüntüdeki gri renk dağılımının da siyaha doğru kaydığı görülmektedir. Cross Talk düzeltmesi ile radyometrik hatalar azaltılmaya çalışılmıştır.



Şekil 8.3. ASTER Bant 5'e seçilen alana ait düzeltme öncesi (a) ve sonrası (b) histogram eğrisi



Şekil 8.4. Düzeltme öncesi (a) ve sonrası (b) Bant 5'in Bant 9 göre parlaklık değerleri dağılımı

8.1.1.2. Radyans Kalibrasyonu ve Histogram Dengelemesi

Cross Talk düzeltmeleri yapılan görüntülere Radyans kalibrasyon düzeltmesi yapılmıştır. Radyans kalibrasyonunda birim dönüşüm katsayıları kullanılmıştır. Radyans kalibrasyonunda birim dönüşüm katsayıları kullanılmıştır. ASTER görüntülerine ait tüm aletsel bilgiler, ASTER'in (.dat) uzantılı veritabanı dosyasında kayıtlıdır. Düzeltme için gerekli olan bu parametreler ERSDAC tarafından hazırlanan “*ASTER Data Opener*” bilgisayar yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Aşağıda ASTER uydusuna ait 14 bandın birim dönüşüm katsayıları yer almaktadır (Çizelge 8.1).

ASTER 1-14 bandları birim dönüşüm katsayıları;

Çizelge 8.1. ASTER bantlarının Birim Dönüşüm Faktörü (UCF) katsayıları

| ASTER Bant | (UCF) Katsayıları |
|------------|---------------------|
| VNIR1 | 0.676000, -0.676000 |
| VNIR2 | 0.708000, -0.708000 |
| VNIR3N | 0.862000, -0.862000 |
| VNIR3B | 0.862000, -0.862000 |
| SWIR4 | 0.217400, -0.217400 |
| SWIR5 | 0.069600, -0.069600 |
| SWIR6 | 0.062500, -0.062500 |
| SWIR7 | 0.059700, -0.059700 |
| SWIR8 | 0.041700, -0.041700 |
| SWIR9 | 0.031800, -0.031800 |
| TIR10 | 0.006882, -0.006882 |
| TIR11 | 0.006780, -0.006780 |
| TIR12 | 0.006590, -0.006590 |
| TIR13 | 0.005693, -0.005693 |
| TIR14 | 0.005225, -0.005225 |

Her bir ASTER bandının sahip olduğu birim dönüşüm katsayıları **(8.1)**'deki formüle uygulanarak Radyans Kalibrasyon işlemi gerçekleştirilir.

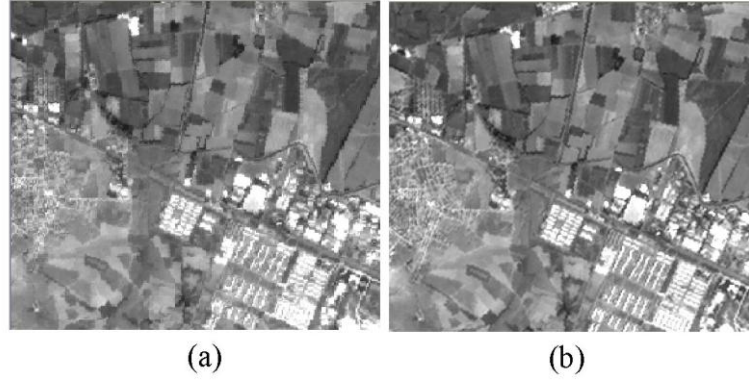
$$(\text{Input} - 1) \times \text{Birim Dönüşüm Faktörü (UCF)} \quad \mathbf{(8.1)}$$

Radyans ayarlaması tamamlandıktan sonra görüntü üzerinde atmosferin etkisini azaltmak için histogram dengelemesine geçilmiştir. Histogram dengelemesi görünür-kızıl ötesi ve kısa dalga boyu spektrum aralığında bulunan VNIR ve SWIR bantlarına uygulanmıştır. 758 numaralı çalışma alanının görünür-kızıl ötesi (VNIR) ve kısa dalga boyu-kızılötesi (SWIR) spektral aralıktaki bantların, ham görüntülerinin ve ön işlem düzeltmeleri sonrası bantların minimum ve maksimum parlaklık değerleri görülmektedir (Çizelge 8.2).

Çizelge 8.2. ASTER 758 görüntü ön işlemleri öncesi ve sonrası bantların minimum ve maksimum parlaklık değerleri

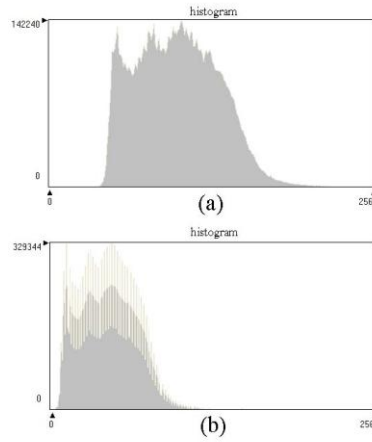
| Band | Ham Görüntü | | Ön İşlemler Sonrası | |
|------|-------------|----------|---------------------|----------|
| | Minimum | Maksimum | Minimum | Maksimum |
| 1 | 37 | 255 | 0 | 150 |
| 2 | 20 | 255 | 0 | 171 |
| 3 | 16 | 204 | 0 | 166 |
| 4 | 10 | 160 | 0 | 162 |
| 5 | 14 | 141 | 0 | 204 |
| 6 | 11 | 218 | 0 | 218 |
| 7 | 11 | 170 | 0 | 240 |
| 8 | 11 | 255 | 0 | 229 |
| 9 | 7 | 255 | 0 | 206 |

Histogram dengelemesi ile cisimlerin görsel olarak birbirinden ayrılması sağlanmıştır. Uydu görüntüsü yakından incelendiğinde, farklılık daha iyi anlaşılmaktadır. 758 numaralı ASTER Bant 1 uydu görüntüsünün Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi ve Eskişehir şehir merkezi ve çevresine ait radyometrik düzeltmelerinin yapılmadan önceki ve sonraki durumları Şekil 8.5a ve b’de görülmektedir. Radyometrik düzeltmeler öncesinde yollar (toprak yol, asfalt yol, vb.) belirgin olarak görülmezken ve devamlılığı tam olarak seçilmezken, düzeltmeler sonrasında yolun sürekliliği sağlanmıştır. Radyometrik düzeltmeler, piksellerin parlaklık değerliklerini “0”a yaklaştırmış, ilgili cisimlerin yanında bulunan diğer cisimlerden görsel olarak ayrılmasını sağlamıştır. Tarla sınırlarının, düzeltmeler sonrasında, öncesine göre daha belirgin olduğu görülmektedir. Düzeltmeler sonrasında yapılar, yeryüzündeki gerçek şekillerine yakın duruma gelmişlerdir. Uydu görüntüsü üzerinde yol, yapı, bitkilerde gözlenen piksel devamsızlıkları, veri kaybı ve kesiklikler düzeltmeler ile en aza indirilmiştir.



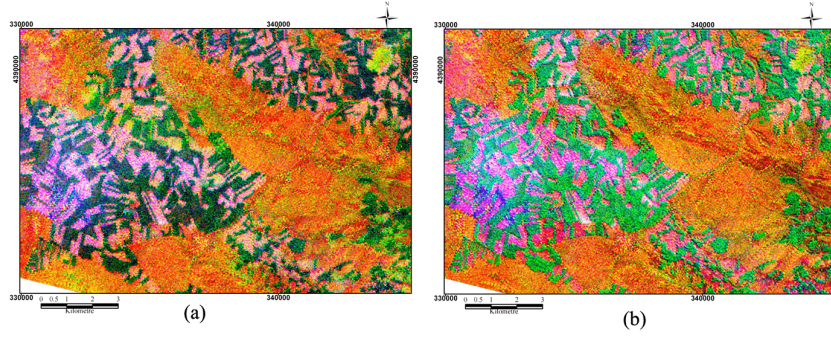
Şekil 8.5. (a) Bant 1 ham görüntü (b) Radyometrik düzeltme sonrası ASTER Bant 1 görüntüsü

Radyometrik düzeltmeler öncesi ve sonrası görüntülerin karşılaştırılmasında örnek bant olarak, ayırım gücü yüksek olan 15 m'lik çözünürlükteki ASTER Bant 1 seçilmiştir. Bant 1 görüntüsünün düzeltmeler öncesi ve sonrası histogramları Şekil 8.6a ve b'de verilmiştir.



Şekil 8.6. Bant 1'in Radyometrik düzeltmeler öncesi (a) ve sonrası (b) histogramları

ASTER görüntüsüne uygulanan radyometrik düzeltmeler litolojik birimlerin spektral özelliklerini geliştirmiştir. Düzeltmeler ile litolojik birimlerin ayrımı sağlanmıştır. Metamorfik birimlerdeki tabakalar düzeltmeler yapılmış görüntüde daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır (Şekil 8.7). Radyometrik düzeltmeleri tamamlanan görüntülere geometrik düzeltme uygulanmıştır.



Şekil 8.7. Radyometrik düzeltmeler öncesi (a) ve sonrası (b) litolojik birimler

8.1.2. Geometrik Düzeltme

Çalışılan üç alana ait ASTER uydu görüntüleri geometrik dönüşüm ile ülke koordinat sisteminde (UTM, Zon 36, WGS 84) tanımlanmıştır. Geometrik dönüşümde, koordinat eşleme yöntemi kullanılmıştır (Şekil 8.8). Koordinat eşleme yöntemi için 1/25.000 ölçekli alana ait vektör veri kullanılmıştır.

Koordinat noktaları eşlemede her bir alan için yaklaşık 30 adet yer kontrol noktaları belirlenmiştir. Yer kontrol noktaları, vektör veri ile uydu görüntülerinde net bir şekilde mevcut olan detay noktaları veya sınır köşelerinden (yol kesişim noktaları, koordinat değerleri bilinen noktalar, tarla veya bina köşeleri gibi) uygun yerler belirlenmiştir. Koordinat eşleme sonucu her görüntüdeki hata oranı, 1 piksel (15 m konumsal çözünürlüklü ASTER VNIR) değerine düşürülmüştür.



Şekil 8.8. ASTER 566 Geometrik düzeltme sonrası görüntü

8.2. ASTER Görüntülerine Uygulanan Zenginleştirme Teknikleri

Radyometrik ve geometrik düzeltmeleri tamamlanan 758, 759 ve 566 numaralı ASTER uydu görüntüleri görüntü zenginleştirme işlemlerine hazır hale getirilmiştir. ASTER uydu görüntülerine uygulanan teknikler, temel bileşenler analizi, Crosta tekniği, dekorelasyon gerilmesi ve Bant orantılamadır. Görüntü üzerinde kayaçların farklı dalga boyu aralıklarındaki davranışlarına bakmak için kayaçların spektral yansıma eğrilerinden yararlanılmıştır. Zenginleştirme analizleri için bant seçiminde ise eigenvektör tablolarından yararlanılmıştır. Öncelikle zenginleştirme teknikleri uygulanacak 758, 759 ve 562 numaralı alanların görüntüleri üzerinde VNIR, SWIR ve TIR elektromanyetik spektrum aralıkları için kayaçların spektral eğrileri elde edilmiştir.

8.2.1. 758 Numaralı ASTER Görüntüsü

Bölgenin jeolojisine bakıldığında çalışılan alan metamorfik, ultrabazik, ofiyolitik melanj, derinlik kayacı ve sedimanter kayaçlardan oluştuğu gözlenir. Bu bölgede Mihaliççık ve Sivrihisar metamorfikleri olmak üzere iki farklı sıcaklık ve basınç koşullarında ortamında oluşmuş metamorfik kayaçları yer almaktadır. Mihaliççık metamorfikleri 758 numaralı ASTER görüntüsünün kuzey doğusunda yer alır. Mihaliççık metamorfikleri, çalışma alanı içinde yer alan ultrabazik kayaçlarla dokanak halindedir. Mihaliççık metamorfikleri, mavişist fasiyesi koşullarında metamorfizmaya uğramış kayaçlar ile, yeşilşist fasiyesi koşullarında uğramış grafitik şistler ve mermerlerden oluşmuştur. Sivrihisar metamorfikleri yalnızca mermerlerle ve metafilişlerle temsil edilmekte, bölgede Eskişehir'in GD'da yer almaktadır.

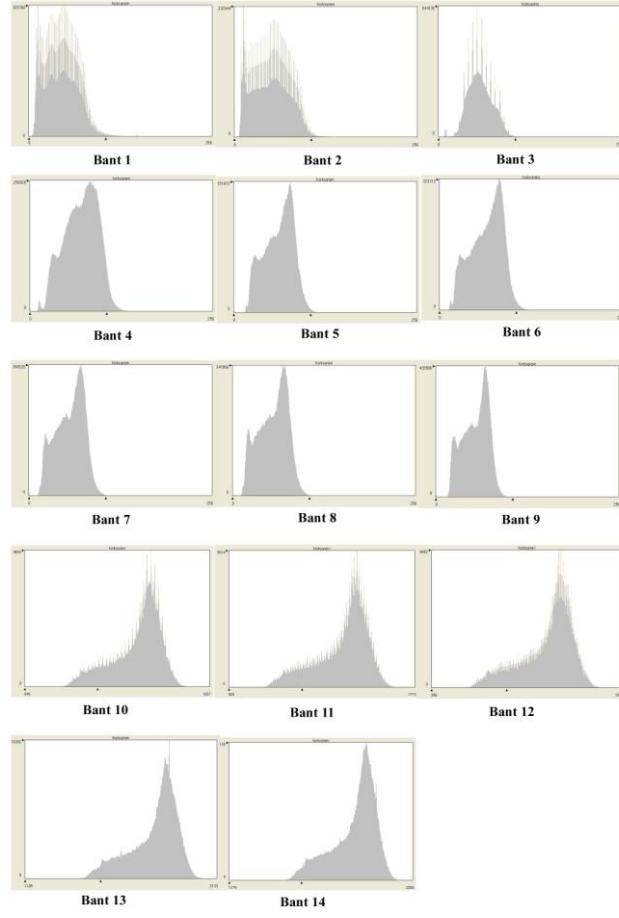
Okyanus kabuğu malzemesi olan ultrabazik kayaçlar 758 numaralı alana dağılmış durumdadırlar. Bölgenin kuzeyinde, dünit, harzburjitden oluşan peridotit ve gabro ofiyolitik melajla tektonik birliktelik sunmaktadır. Bu görüntüde Alpu Ovasında yer alan gabro, mermer ve rekristalize kireçtaşı ile dokanak halindedir. Ofiyolitik birim doğuya doğru parçalar halinde devam etmektedir.

Sedimanter birimler, bu alanın kuzeyinde Sakarya Nehri civarında karasal kıvrıntılılar, karbonatlar, neritik kireçtaşları olarak yer almaktadır. Paleojen ve Neojen yaşlı sedimanter birimler (kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı) uydu görüntüsünün doğusunda ve batı-güneybatısında görülmektedir. Alpu ovasında ise, Kuvaterner yaşlı genç çökeller bulunmaktadır. Bölgede yer alan kayaçlar ve özellikleri hakkında daha ayrıntılı bilgi bölgenin genel jeolojisi bölümünde verilmiştir.

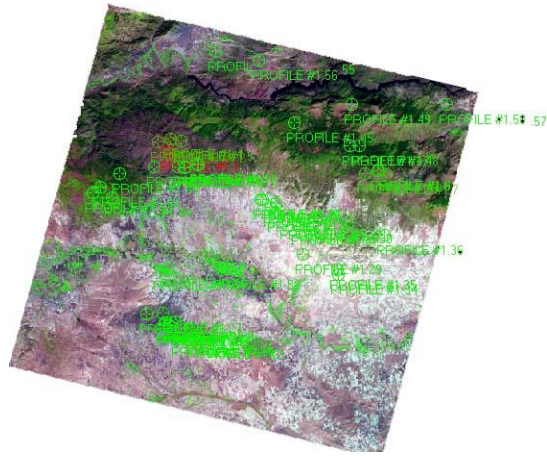
Çalışılan alana ait VNIR, SWIR ve TIR uydu görüntülerinin istatistik değerleri Çizelge 8.3'te görülmektedir. Bantların histogramları Şekil 8.9'da verilmiştir. Kayaçların spektral davranışları ile ilgili veriler, uydu görüntüsü üzerinden toplanmıştır (Şekil 8.10). Bantların spektral imzalarını oluşturan veriler, genel olarak tüm kayaç türlerinden ve spektral özelliklerinin homojen olduğu bölgelerden toplanmıştır. Kayaçların spektral özellikleri birbirine çok yakın olduğu için, kayaçların imzalarını oluşturmaya yarayan veriler toplanırken kayaçların oluşum zamanları göz önünde bulundurulmadan, kayaçların litolojik isimlerine göre toplanmıştır. Kayaçların imzaları Şekil 8.11'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 8.3. ASTER 758 VNIR, SWIR ve TIR bantlarının parlaklık değerlerinin istatistiksel sonuçları

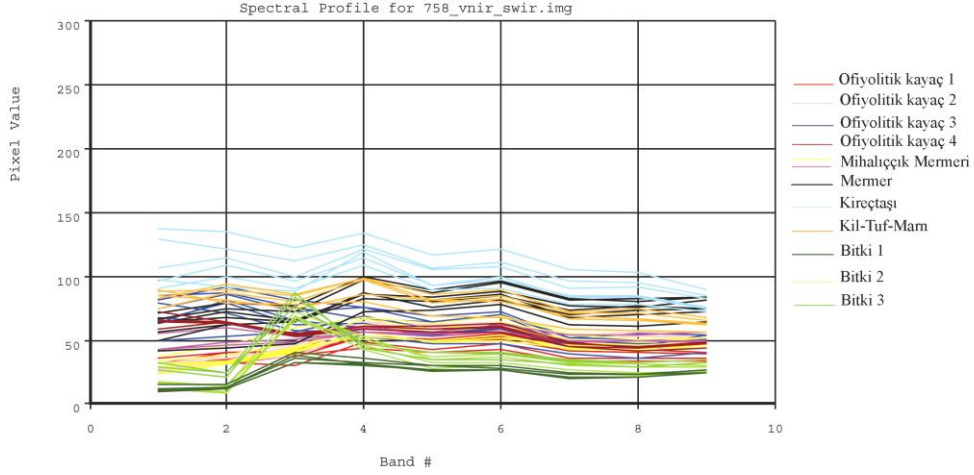
| | En Küçük | En Büyük | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma |
|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|
| Bant 1 | 0 | 150 | 45.20 | 22.568 |
| Bant 2 | 0 | 171 | 50.553 | 25.616 |
| Bant 3 | 0 | 166 | 57.641 | 17.059 |
| Bant 4 | 0 | 162 | 70.652 | 23.143 |
| Bant 5 | 0 | 204 | 62.050 | 20.286 |
| Bant 6 | 0 | 218 | 65.246 | 21.989 |
| Bant 7 | 0 | 240 | 56.457 | 19.523 |
| Bant 8 | 0 | 229 | 55.952 | 20.094 |
| Bant 9 | 0 | 206 | 54.638 | 17.840 |
| Bant 10 | 849 | 1667 | 1341.444 | 107.836 |
| Bant 11 | 929 | 1773 | 1440.105 | 118.089 |
| Bant 12 | 996 | 1890 | 1533.420 | 123.043 |
| Bant 13 | 1105 | 2133 | 1793.098 | 126.622 |
| Bant 14 | 1179 | 2208 | 1876.851 | 123.544 |



Şekil 8.9. ASTER 758 VNIR, SWIR ve TIR uydu görüntülerinin histogramları



Şekil 8.10. ASTER 758 görüntüsünden toplanan spektral imzaların alım noktaları



Şekil 8.11. ASTER 758 görüntü üzerinde kayaçların spektral imzaları

Şekil 8.11'deki imzalara bakıldığında bantlar üzerinde kayaçların parlaklık değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Grafikte ofiyolitik kayaç 1, 2, 3, 4 olarak tanımlanan kayaçlar peridotit özelliğine sahip dünit, harzburjit ve gabrodur.

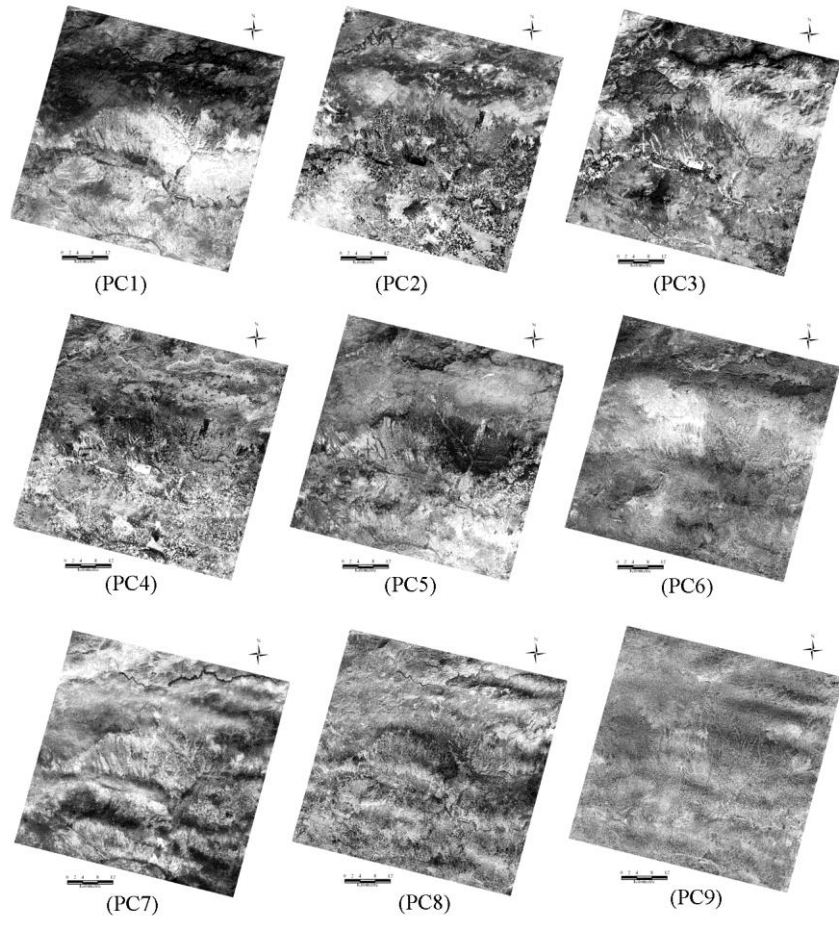
8.2.1.1. Temel Bileşenler Analizi Görüntüleri

Bu çalışmada, jeolojik birimlerin spektral yansıma özelliklerini daha iyi ortaya çıkartmak için temel bileşenler analizi kullanılmıştır. ASTER VNIR ve SWIR bantları üzerine görüntü zenginleştirilmesi sonucu dokuz adet temel bileşen (PC) görüntüsü elde edilmiştir. Temel bileşen görüntülerine ait eigenvektör istatistiksel değerleri Çizelge 8.4'te verilmiştir. Eigenvektör matrisi, temel bileşen görüntülerinin mineral ve/veya kayaç gruplarının hangi bantta daha belirgin olduğunu gösteren bir istatistiksel tablodur. İlgilenilen minerale ait spektral bilgiyi içeren PC, mineralin spektral tepki gösterdiği bantlardan aldığı verilerle en büyük mutlak eigenvektör değerlerine sahip olur. En büyük “+” eigenvektör değerinde, ilgilenilen mineral veya kayaç PC görüntüsü içinde açık renkte, en büyük “-” eigenvektör değerinde ise, mineral koyu renkte görünür.

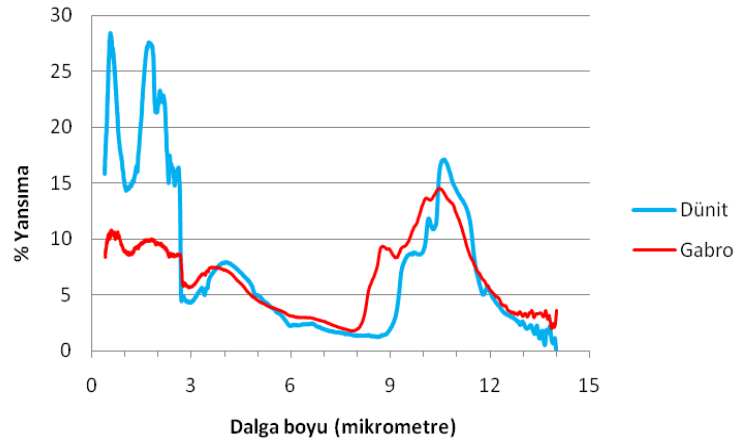
Çizelge 8.4. ASTER 758 VNIR ve SWIR görüntülerinin eigenvektör istatistik değerleri

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 | PC7 | PC8 | PC9 |
|---------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Band 1 | 0.3551 | -0.3879 | -0.4281 | 0.1016 | -0.6542 | -0.2811 | -0.1400 | 0.0572 | -0.0069 |
| Band 2 | 0.4068 | -0.3595 | -0.4966 | -0.1176 | 0.6140 | 0.2355 | 0.0973 | -0.0530 | 0.0124 |
| Band 3 | 0.2331 | -0.6290 | 0.6883 | 0.2572 | 0.0501 | 0.0748 | 0.0399 | 0.0196 | -0.0057 |
| Band 4 | 0.3718 | 0.0712 | 0.2833 | -0.8056 | 0.0111 | -0.3350 | -0.1061 | -0.0565 | -0.0239 |
| Band 5 | 0.3268 | 0.2304 | 0.0668 | 0.0634 | -0.2481 | 0.4392 | 0.0071 | -0.7536 | -0.0966 |
| Band 6 | 0.3543 | 0.2502 | 0.0722 | -0.0863 | -0.2236 | 0.5783 | 0.0673 | 0.6405 | 0.0006 |
| Band 7 | 0.3139 | 0.2509 | 0.0484 | 0.2242 | 0.0427 | -0.2757 | 0.4220 | -0.0281 | 0.7275 |
| Band 8 | 0.3224 | 0.2752 | 0.0302 | 0.3033 | 0.1342 | -0.3599 | 0.3475 | 0.0876 | -0.6720 |
| Band 9 | 0.2847 | 0.2554 | 0.0559 | 0.3271 | 0.2472 | -0.1218 | -0.8091 | 0.0618 | 0.0956 |

ASTER, VNIR SWIR'a ait PC görüntüleri Şekil 8.12'de görülmektedir. PC1 görüntüsü yüksek oranda albedo içermesi ve veri tekrarının fazla olması nedeniyle kullanılmaya elverişli fazla bilgi içermez. PC2 en fazla Bant 3'ten veri almıştır. Bant 3 bitkinin yüksek yansımaya özellik gösterdiği banttır. ASTER VNIR Bant 1 ve özellikle Bant 2 demir içerikli kayaçların (dünit, harzburjit) düşük yansımaya özelliği gösterdiği spektrum aralığıdır. SWIR Bant 6 ise demir içerikli kayaçların yüksek yansımaya gösterdiği banttır. Gabro ise Bant 3'te spektral tepki vermektedir. Dünit ve gabronun laboratuvarda elde edilen spektral davranış eğrileri görülmektedir (Şekil 8.13). Eigenvektör çizelgesinde PC2, PC3 ve PC5 temel bileşen görüntüleri Bant 1, 2 ve Bant 3'ten veri aldıkları için demir içerikli kayaçların bulunmasında elverişlidir.



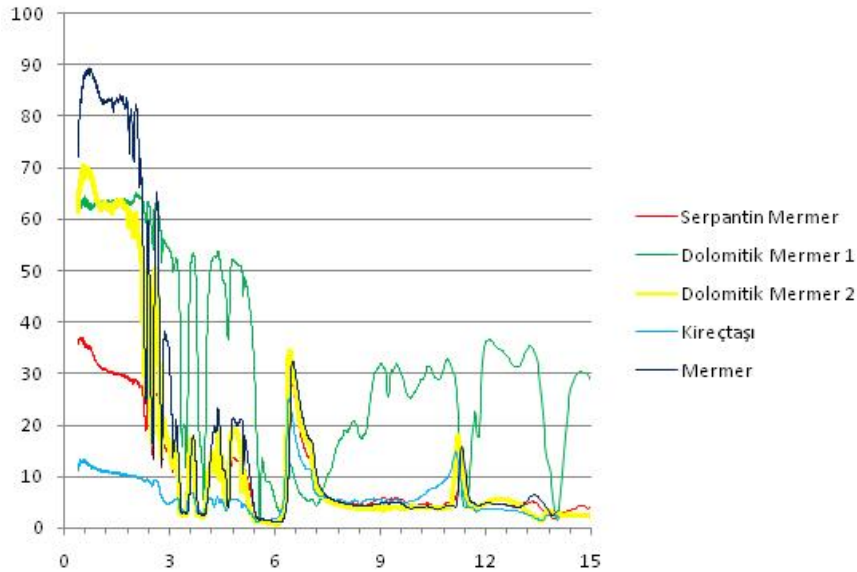
Şekil 8.12. ASTER 758 VNIR ve SWIR'a ait dokuz adet temel bileşen görüntüsü



Şekil 8.13. Dünit ve gabronun laboratuarda elde edilen yansımada eğrileri (Anonim, 2007a)

Hidroksil minerali içeren kayalar SWIR spektrum aralığında Bant 4'te yüksek yansıma gösterirken, içerdiği su molekülleri nedeniyle SWIR'in uzun dalga boyu bölgesinde emilim özelliği artar. Ayrıca kil minerallerinin demir iyonları içermeleri durumunda, VNIR spektrum aralığında düşük yansıma özelliği gösterirler.

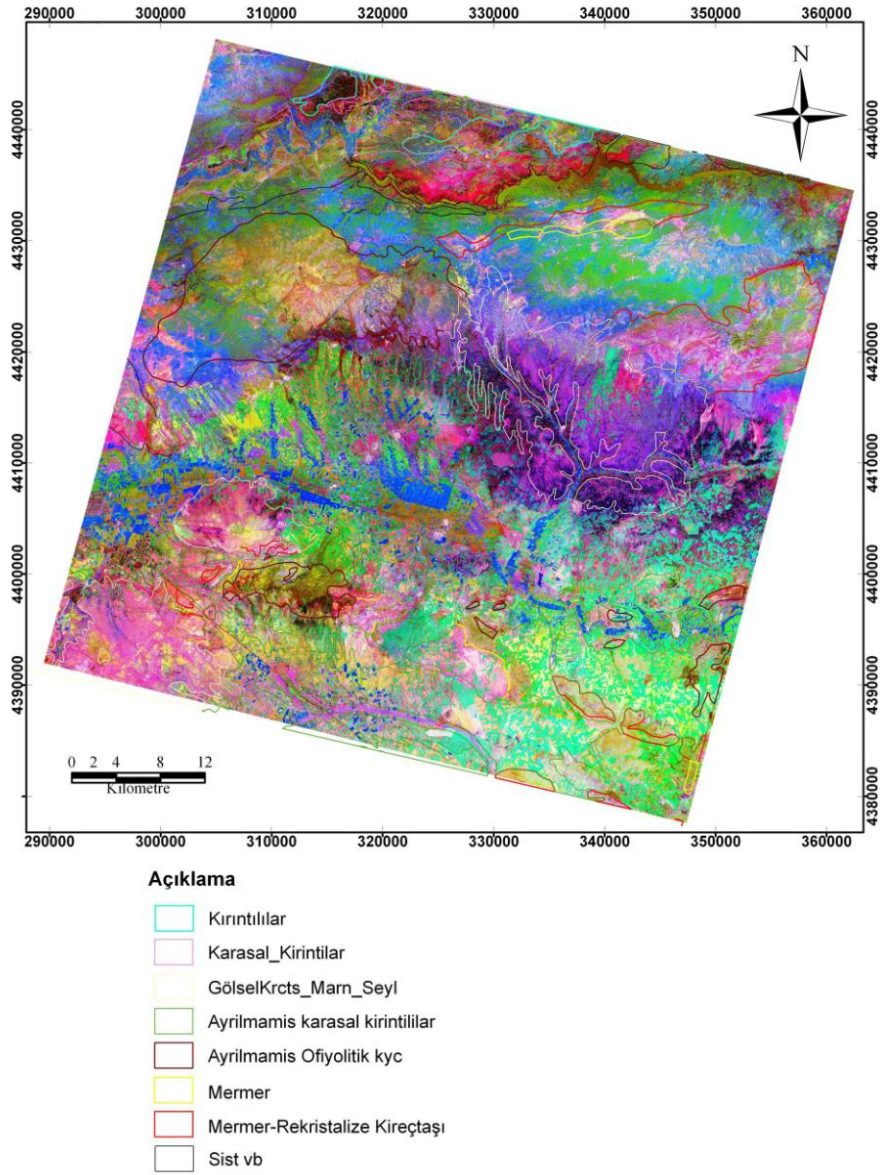
Çalışılan alanda bulunan kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı ve mermerler, elektromanyetik spektrumun kısa dalgaboyu aralığında (görünür bölge) yüksek yansıma, SWIR spektral aralığının uzun dalga boyunda (Bant 9) düşük yansıma özelliği göstermektedirler. Çalışma alanındaki mermerlerin belirlenmesinde özellikle Bant 9'un en yüksek eigenvektör değerine sahip olduğu PC görüntüler seçilmiştir. Farklı mineralojik bileşime sahip birkaç mermer türünün laboratuvar spektrometresinde elde edilmiş spektral davranış eğrileri Şekil 8.14'te görülmektedir.



Şekil 8.14. Bazı mermer türlerinin laboratuvar spektrometresinde spektral davranış eğrileri (Anonim, 2007a)

Temel bileşenler analizinde elde edilen görüntülerin ilgilenilen kayaç veya kayaç grupları için en iyi üçlü bant kombinasyonları belirlenmiş ve kırmızı, yeşil ve mavi renkli gösterimde (RGB) açılmıştır. Renkli görüntülerin kontrastlığını artırmak için histogram eşleştirme uygulanmıştır.

İlk temel bileşenler analizi görüntüsü, PC2, PC5, PC3 numaralı görüntülerdir (Şekil 8.15). Bölgede yer alan sedimanter, metamorfik, ultrabazik kayalar ile bitkilerin genel bir ayrımı bu görüntü ile sağlanmıştır. Eigenvektör tablosuna bakıldığında PC2, PC3 ve PC5 görüntülerinin en yüksek eksi ve artı değerlerinin Bant 1, 2 ve Bant 3'ten geldiği görülmektedir. Mermerlerin yüksek yansıma, ultrabaziklerin ve hidroksillerin düşük yansıma gösterdiği bantlardır.



Şekil 8.15. ASTER 758 temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC5,PC3

Diğer temel bileşen görüntüsü PC2, PC6, PC7'dir. Bölgedeki kayaçların genel ayrımı PC2, PC6, PC7 görüntüleri ile sağlanmıştır (Şekil 8.16). Alpu'nun kuzeydeki Gündüzler, Kozlubel köyleri civarında yer alan peridotit (dünit) ile Karatepe köyü mevkiinde yer alan gabro, birbirlerinden ve çevresindeki kayaçlardan ayrılmıştır.

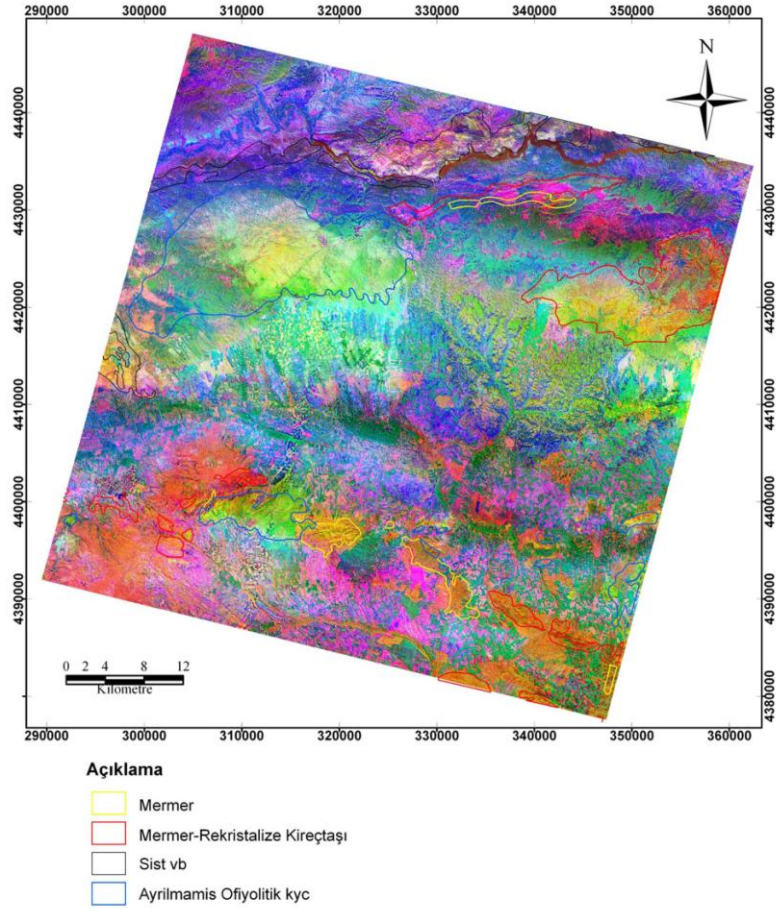
Gökçekaya Barajı kuzeyindeki şist, fillit, mermer ve metabazit kayaçları açık parlak pembe renkte görülmektedir. Sakarya Nehri güneyi Sakarıkaracaören köyü civarındaki şist, fillit gibi metamorfik kayaçların, Sakarya Nehri kuzeyindeki aynı adla adlandırılan metamorfik kayaçlarla aynı spektral özelliğe sahip olmadıkları görülmüştür.

Görüntüde bölgede yer alan görsel ortamda çökelmiş Porsuk Formasyonu üyesi kireçtaşları, kırmızı renkte görülmektedir. Porsuk Formasyonu üyesi kireçtaşları, Alpu'nun kuzeydoğusunda bulunan Neojen yaşlı kalkerlerle aynı renkte görünmemektedir. 1/500.000 ve 1/100.000 ölçekli jeolojik haritalarda aynı litolojik adla adlandırılan bu birimlerin farklı spektral özelliğe sahip oldukları saptanmıştır.

Gökçekaya Barajı güneyinde bulunan gnays, metagranit, şist, mermer, amfibolit, rekristalize kireçtaşı ve metafiliz'ten oluşan kayaç grubu ise pembe renkte görülmektedir.

Bölgenin güneyinde Işıkören, Türkmentokat, Aktepe köyleri civarında bulunan Pliyosen yaşlı MTA tarafından yapılan 1/500.000'lik jeoloji haritasında ayrılmamış karasal kırıntılılar olarak geçen konglomera, kalker ve marn jeolojik birimler pembe renktedir.

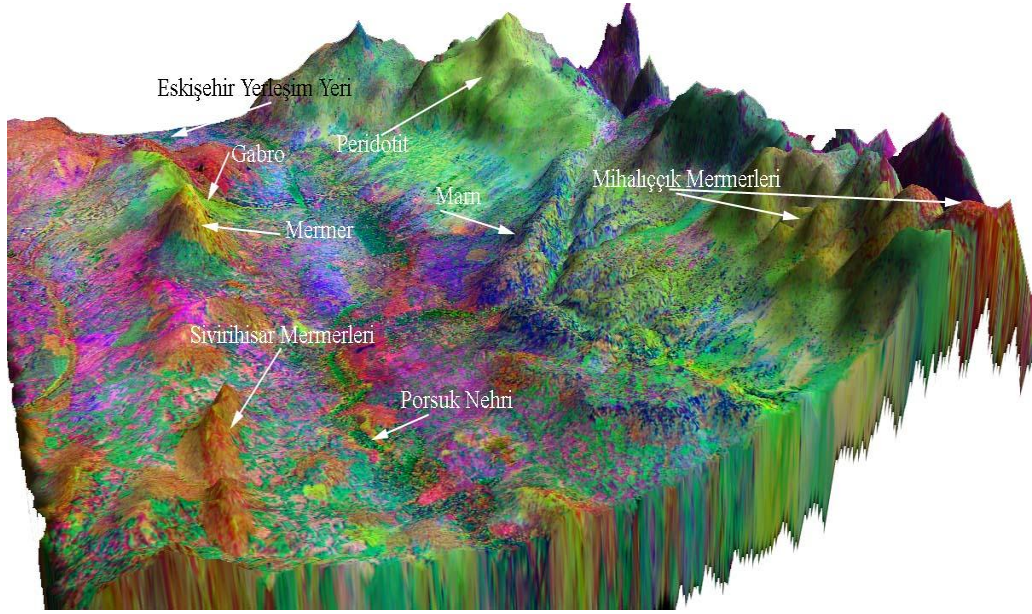
Çalışma alanında bulunan mermerler sarı, turuncu ve kırmızı olmak üzere farklı renklerde görülmektedir. Bölgede bulunan bitki örtüsü ise, koyu mavi renkte görülmektedir.



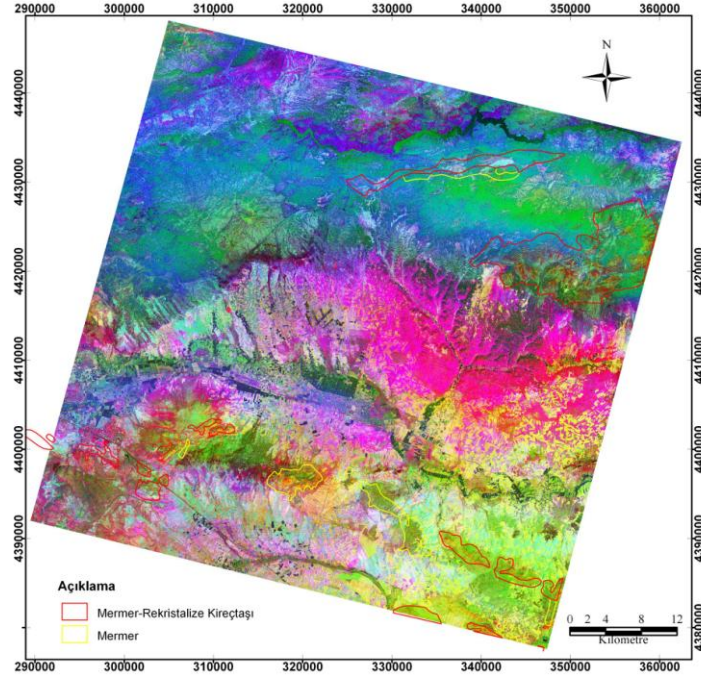
Şekil 8.16. ASTER 758 temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC6,PC7

Bölgede DSİ tarafından yapılan 1/100.000'lik jeolojik haritada bölgenin güneyinde Sivrihisar bölgesi civarında yer alan gerek rekristalize kireçtaşları veya mermerlerin, gerekse şistlerin, kuzeyde Mihaliççık bölgesinde yüzeyleyen şist ve mermerlerle aynı spektral özellikler taşımadıkları gözlenmiştir. Bölgenin MTA tarafından hazırlanan 1/500.000'lik jeoloji haritasında da, Alpu ovasının kuzeyinde yer alan mermerler, bölgenin güneybatısında Sivrihisar civarında yer alan Orta Triyas-Jura yaşlı mermerlerle aynı adla (mermer-rekristalize kireçtaşı) adlandırılmışlardır. Fakat ASTER temel bileşenler analizi sonucu elde edilen görüntülere bakıldığında mermerlerin aynı spektral özellikler taşımadıkları saptanmıştır. Ayrıca bu bölgede yapılan arazi çalışmasında mermerlerin farklı oldukları görülmüştür.

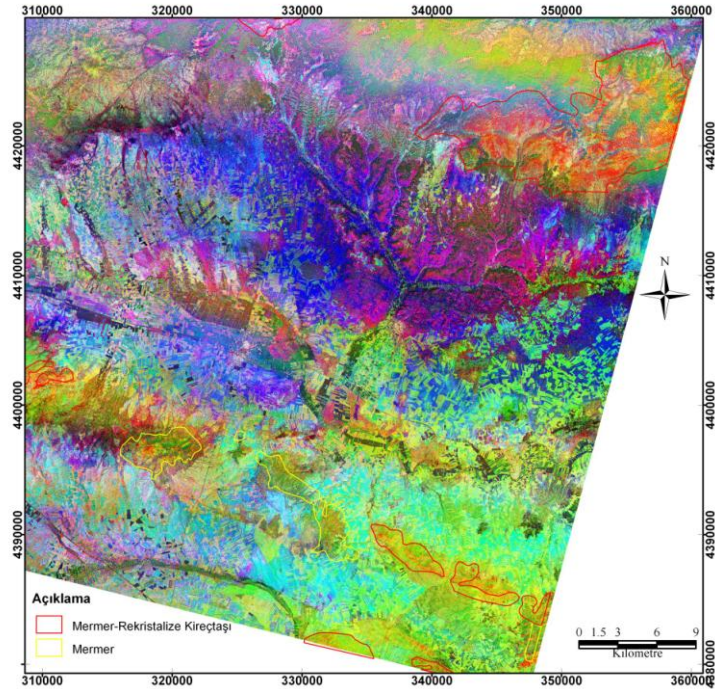
RGB: PC2,PC5,PC3 (Şekil 8.15), RGB: PC2,PC6,PC7 (Şekil 8.16), RGB: PC1,PC5,PC7 (Şekil 8.18) ve RGB: PC8,PC5,PC7'te (Şekil 8.19) mermerlerin diğer kayalardan ve birbirlerinden ayrıldığı görülmektedir. RGB: PC2,PC6,PC7 görüntüsü bölgenin sayısal arazi modeli (SAM) üzerine oturtulmuştur. Mermerlerin topografyaya bağlı olarak bölgede sundukları yüksekliklerle diğer kayalardan olan ayrımı görülmektedir (Şekil 8.17).



Şekil 8.17. ASTER 758 SAM üzerine oturtulmuş görüntü RGB: PC2,PC6,PC7



Şekil 8.18. ASTER 758 temel bileşen görüntüsü, RGB: PC1,PC5,PC7



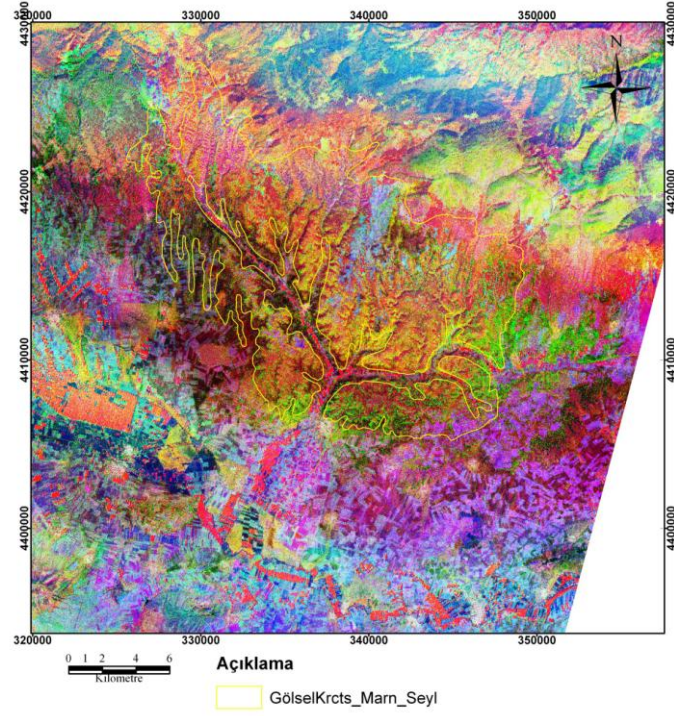
Şekil 8.19. ASTER 758 temel bileşen görüntüdeki mermerler RGB: PC8,PC5,PC7

Bölgenin güneydoğusundaki Neojen yaşlı konglomeralar RGB: PC8,PC5,PC7 üçlü Bant kombinasyonunda turkuaz renkte görülmektedir (Şekil 8.19). Arazide bu bölgedeki konglomeraların dolgu malzemesi kil olup oldukça sert bir yapıya sahiptir (Şekil 8.20).

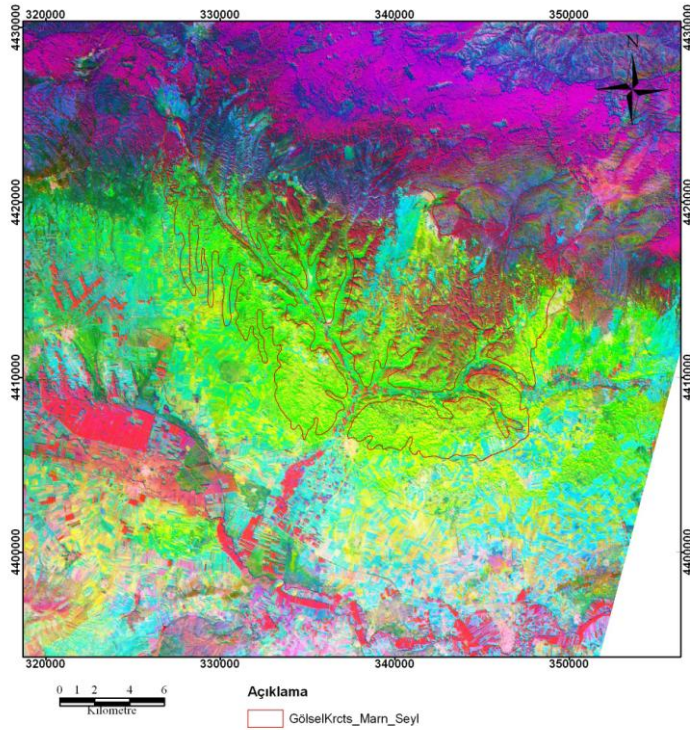


Şekil 8.20. Çalışma alanının GD'daki Neojen yaşlı konglomeralar

Bölgede yer alan marn ve kalker ise farklı Bant kombinasyonlarında farklı renklerde görülmektedir. Örneğin, RGB: PC3,PC8,PC5'te (Şekil 8.21) marn koyu kahverengi, bordo renkte, kalker ise marnın kuzeyinde sarı renkte görülmektedir. Konglomera ise, pembe renkte görülmektedir. RGB: PC4,PC1,PC5'te (Şekil 8.22) ise, marn açık yeşil renkte, kalker sarı renkte, konglomera ise turkuaz renkte görülmektedir.



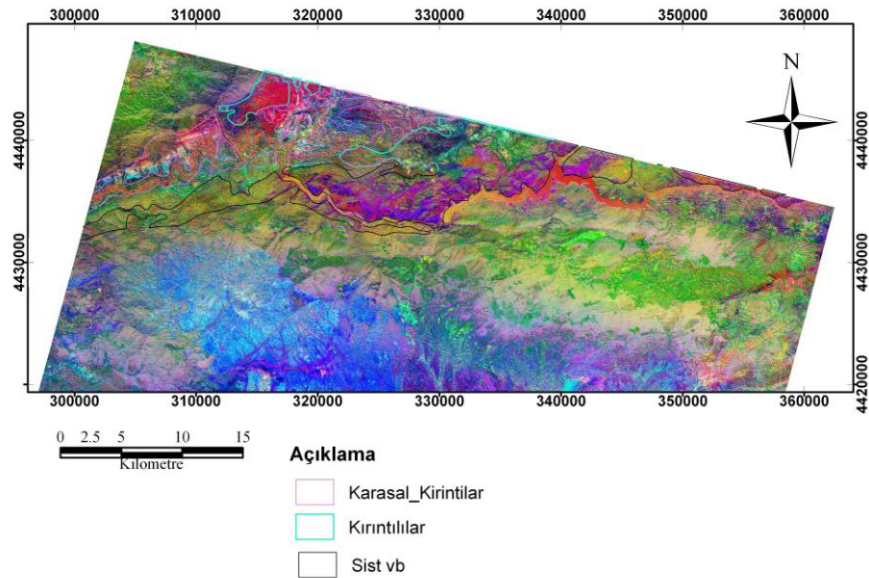
Şekil 8.21. ASTER 758 sedimanter birimler, temel bileşen görüntüsü, RGB: PC3,PC8,PC5



Şekil 8.22. ASTER 758 sedimanter birimler, temel bileşen görüntüsü RGB: PC4,PC1,PC5

Çalışılan alanın kuzeyinde Sakarya Nehri civarında bulunan karasal kırıntılıların ayrımı RGB: PC4,PC5,PC6'da elde edilmiştir (Şekil 8.23). Sedimanter kayaçların spektral imzalarından bahsederken 1.4 µm-1.9 µm (ASTER Bant 4) aralıkta düşük yansımaya özelliği gösterdiklerini, kireçtaşı ve kalkerli kayaçların 1.9 µm ve 2.35 µm'de düşük yansımaya özelliğine sahip oldukları belirtilmiştir. PC4 en çok veriyi, eksi değerlikte ASTER Bant4'ten almıştır. Ortamda bulunan demirin varlığı nedeniyle PC5 de Bant 1 ve Bant 2'den en çok veriyi almıştır. PC6 ise pozitif değerlikte en çok Bant 6 ve Bant 5, negatif değerde Bant 8 ve Bant 4'ten almıştır.

Kibici (1984), 1/25.000 ölçekli Sarıcakaya masifinin jeolojik haritası çalışmasında, 1/500.000'lik haritada genel olarak karasal kırıntı olarak tanımlanan kayaçları çakıltası-kumtaşı-kiltaşı-marn olarak göstermiştir. Uydu görüntüsü ile elde edilen RGB: PC4,PC5,PC6 görüntüsünde de bu ayrım sağlanmıştır. Turkuvaz renkte görülen bölge çamurtaşı, beyaz renkli bölge kumtaşı, kırmızı renkli bölgeler ise kiltaşı-marndır. Fakat daha doğru yorumlama için bu bölgenin arazi çalışmasının yapılması gerekmektedir.



Şekil 8.23. ASTER 758 karasal kırıntılılar, temel bileşen görüntüsü RGB: PC4,PC5,PC6

Şekil 8.23'te şist vb. olarak tanımlanan birimler şist, fillit, mermer ve metabazittir. Gökçekaya Barajının kuzeyi ve Sakarya Nehrinin güneyinde tanımlanan bu kayaç grubunun aynı spektral özellik göstermediği PC 4, PC5, PC6 görüntüsü ile bir kez daha ortaya konmuştur (Şekil 8.23).

8.2.1.2. Crosta Tekniği Görüntüsü

Crosta tekniği, ilgilenilen mineral veya kayaçla ilişkili, iki gruba ayrılmış görüntüler üzerine uygulanır. İki grupta ilgilenilen kayaçların artı veya eksi en büyük eigenvektör değerliğine sahip iki temel bileşen görüntüleri belirlenir. Belirlenen iki temel bileşen verilerinin bir görüntü üzerinde toplanması için tekrar temel bileşen analizi uygulanır ve üçüncü görüntü elde edilir. Sonuç görüntüler kırmızı; yeşil; mavi renklendirmede (RGB) açılır.

Bu çalışmada Crosta tekniğinde farklı bir yöntem uygulanmıştır. Crosta tekniği için belirlenen iki grup görüntü yerine üç gruba ayrılmış uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kayaçların her bir bantta farklı spektral özellik göstermektedir. Üç grup belirleyerek her bir banttan kayaçlara ait verilerin alınması sağlanmıştır. Üç grup için seçilen görüntüler;

- Birinci grup: Bant 3, 6, 8 ve Bant 9
- İkinci grup: Bant 2, 4, 6 ve Bant 7
- Üçüncü grup: Bant 1, 2, 5 ve Bant 6'dır.

İlk grupta belirlenen Bant 3, 6, 8 ve Bant 9'un eigenvektör değerlerinin istatistiksel sonuçları Çizelge 8.5'te görülmektedir. Hidroksilli kayaçlar, SWIR'in uzun dalga boyu bölgesinde yüksek yansımaya özellik gösterdikleri için Bant 6, 8 ve Bant 9 seçilmiştir. Hidroksilli kayaçların düşük yansımaya özelliği gösterdiği spektral aralık, VNIR bölgesidir ve bu nedenle Bant 3 belirlenmiştir. Mermerler, VNIR bölgesinde ve SWIR'in kısa dalgaboyu aralığında yüksek yansımaya özelliğine, SWIR'in uzun dalgaboyu aralığında (Bant 9) dalga boyu aralığında düşük yansımaya özelliği gösterirler. Seçilen ilk dört bant üzerine temel bileşen analizi uygulanmıştır. Bant 3'ün en yüksek eigenvektör değerliğine sahip olduğu PC seçilmiştir. Bu temel bileşen görüntüsü PC2'dir (Şekil 8.24).

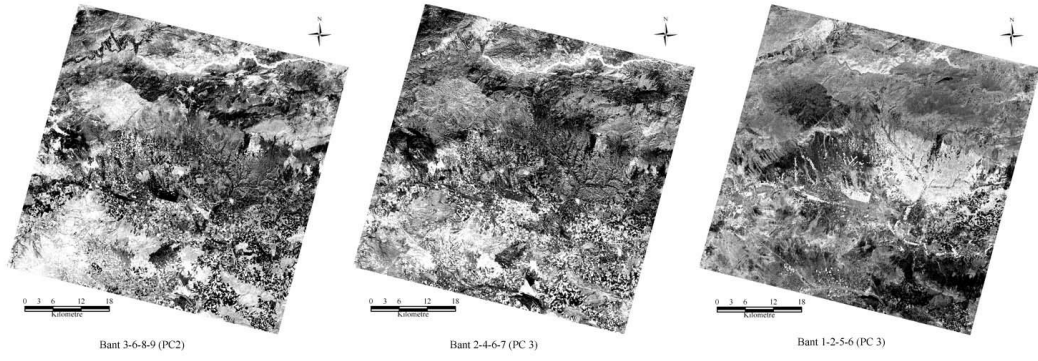
Çizelge 8.5. ASTER 758 Bant 3-6-8-9 görüntülerinin eigenvektör değerleri

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Bant 3 | 0.382716772 | -0.922749221 | 0.045326745 | -0.00268951 |
| Bant 6 | 0.586114277 | 0.204539614 | -0.780551108 | 0.073304621 |
| Bant 8 | 0.534615359 | 0.24339202 | 0.399102712 | -0.704033925 |
| Bant 9 | 0.473481092 | 0.217847987 | 0.478959788 | 0.706367774 |

İkinci gruptaki bantlar; Bant 2, 4, 6 ve Bant 7dir. İkinci gruptaki bantlar, ilk gruptaki bantların spektral değerlerini destekleyecek şekilde seçilmiştir. Bant 4, sedimanter ve metamorfik kayalar için, Bant 6 ve 7 ise hidroksilli ve karbonatlı kayalar için tercih edilmiştir. Uygulanan temel bileşen analizi sonucu; Bant 4'ün en yüksek eigenvektör değerliğine sahip olduğu temel bileşen görüntüsü ile Bant 6 ve Bant 7'nin de yüksek eigenvektör değerliğine sahip olduğu temel bileşen görüntüsü için PC3 seçilmiştir (Şekil 8.24). PC3 temel bileşen vektörü, Bant 4'te eksi değerlikte (-0.8067), Bant 7'de ise artı değerliktedir (0.4777) (Çizelge 8.6).

Çizelge 8.6. ASTER 758 Bant 2-4-6-7 görüntülerinin eigenvektör değerleri

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|---------------|-------------|-----------|-------------|--------------|
| Bant 2 | 0.55935199 | -0.825533 | 0.074867386 | -0.00391122 |
| Bant 4 | 0.512825018 | 0.273809 | -0.80670824 | 0.106117265 |
| Bant 6 | 0.487882797 | 0.364774 | 0.339692857 | -0.716602507 |
| Bant 7 | 0.431400311 | 0.332361 | 0.477729476 | 0.689350908 |



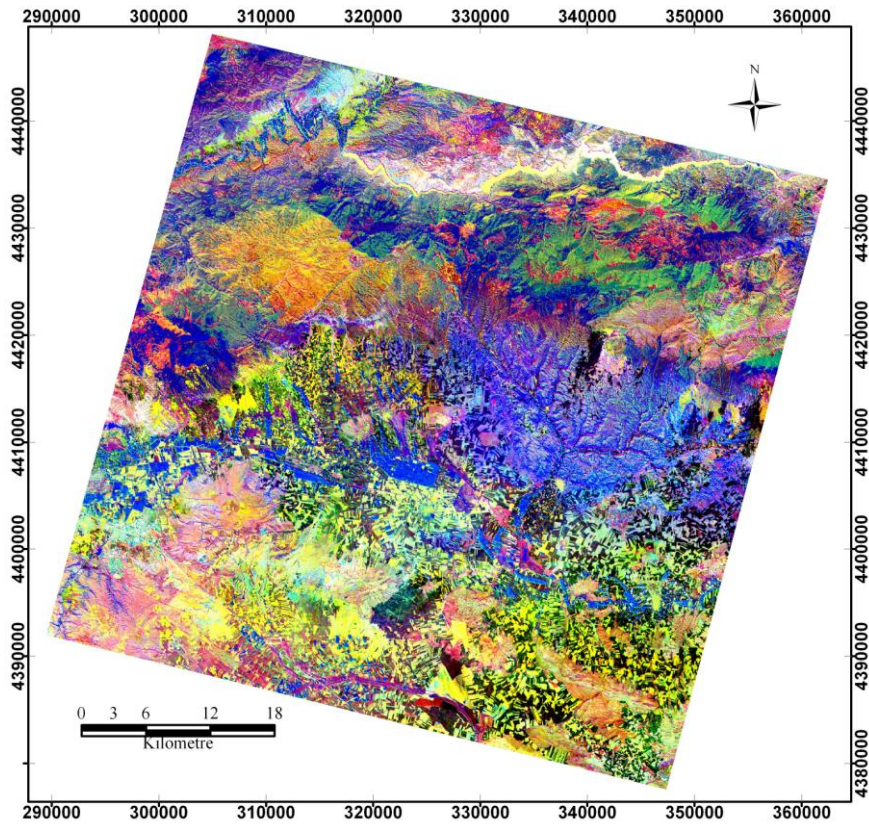
Şekil 8.24. ASTER 758 PC2 (Bant 3-6-8-9), PC3 (Bant 2-4-6-7) ve PC3 (Bant 1-2-5-6)

Üçüncü grup ise demir içerikli kayaların spektral tepki gösterdiği bantlardır. Bu grup için seçilen bantlar; 1, 2, 5 ve 6'dır. Demir içerikli kayaların düşük yansımaya gösterdiği bölge Bant 1 ve Bant 2'dir. Dalga boyu arttıkça demirli kayaların yansımaya özelliği artar. Bu sebeple yansımaya özelliği gösterdiği spektral aralık için Bant 5 ve Bant 6 seçilmiştir. Bölgede bulunan konglomera kumtaşı ise, demir içerikli kayalarda benzer spektral özellik göstermektedir. Konglomera ve kumtaşı Bant 1 ve Bant 2 de düşük yansımaya göstermektedir. Belirlenen bu dört banda temel bileşen analizi uygulanmıştır. Demir içerikli kayalar için uygulanan temel bileşen görüntülerine ait eigenvektör değerleri Çizelge 8.7'de görülmektedir. Demir iyonu içeren kayalar ve konglomera-kumtaşı için Bant 1 ve Bant 2 de en yüksek artı ve eksi eigenvektör değerliğine sahip temel bileşen görüntüsü olan PC3 seçilmiştir (Şekil 8.24).

Çizelge 8.7. ASTER 758 bant 1-2-5-6 görüntülerinin eigenvektör değerleri

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|---------------|-------------|--------------|--------------------|--------------|
| Bant 1 | 0.497155888 | -0.474395097 | 0.724310764 | 0.056207044 |
| Bant 2 | 0.568127573 | -0.454857843 | -0.683925323 | -0.050809023 |
| Bant 5 | 0.444557428 | 0.509080628 | 0.085101479 | -0.732095175 |
| Bant 6 | 0.482115938 | 0.555779226 | -0.019437279 | 0.676975528 |

Elde edilen üç temel bileşen görüntüleri verildiği sıraya göre kırmızı-yeşil-mavi renklendirmede açılmıştır (Şekil 8.25). Çalışma alanı içinde bulunan peridotit sarı renkte görülmektedir. Mihaliçcik mermerleri olarak tanımlanan bölgenin kuzeydoğusundaki ve görüntünün batısındaki gölsel ortamda çökelmiş kireçtaşları pembe renkte, Sivrihisar mermerleri ise sarımsı renkte görülmektedir. Gökçekaya Barajının güneyinde bulunan metamorfik kayalar pembe ve sarı renklerde görülmektedir. Yine Gökçekaya Barajının kuzeyindeki şistler ise, beyaz renkte yansıma vermektedir. Gölsel ortamda çökelmiş marn ve şeyl, mavi renklerde yansıma vermektedir. Geniş yapraklı bitkiler ile yansıma renkleri karışmaktadır. Bölgedeki konglomera kumtaşı ve pekişmemiş sedimanter birimler görüntüde sarı renkte görülmektedir. Crosta tekniği ile elde edilen görüntüde en önemli problem, gabronun elde edilememesidir.

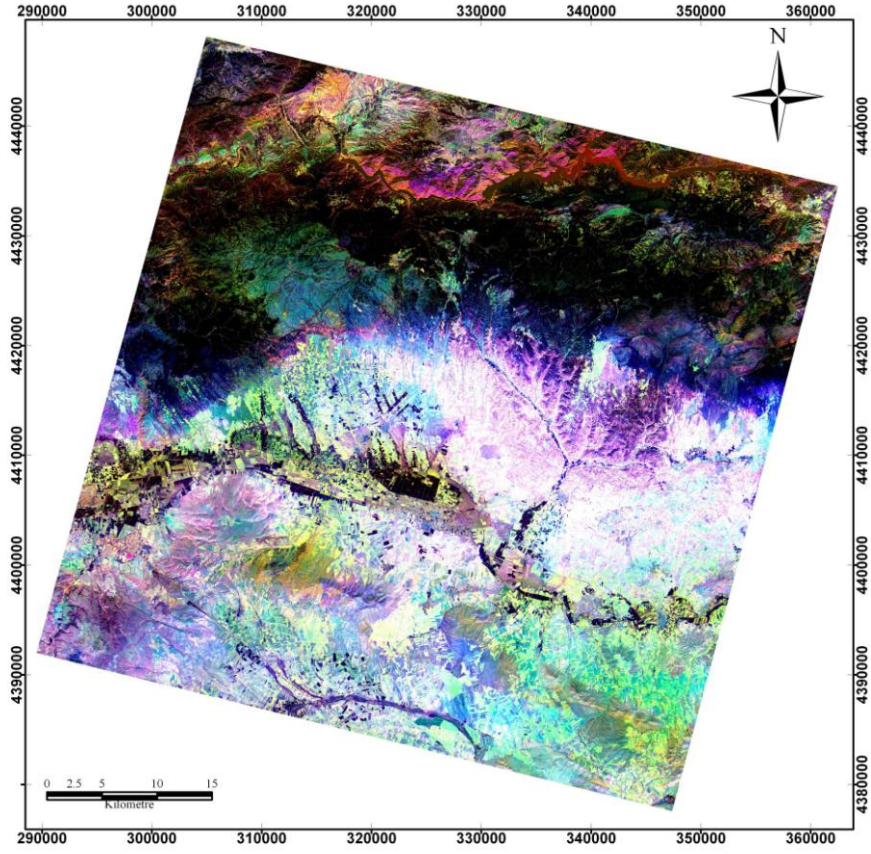


Şekil 8.25. ASTER 758 Crosta tekniği görüntüsü (RGB: PC2,PC3,PC3)

8.2.1.3. Dekorelasyon Gerilmesi Görüntüleri

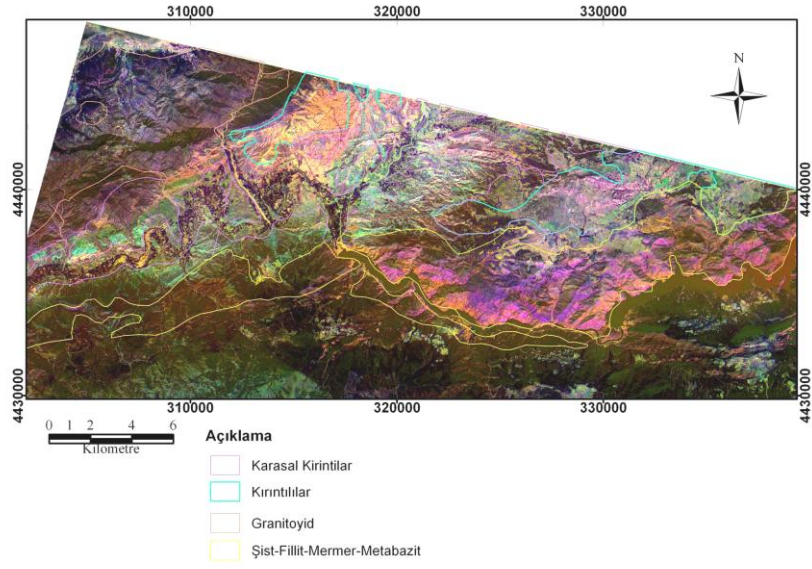
Dekorelasyon gerilmesi tekniği VNIR'in üç bandına uygulanmış, fakat istenilen sonuca ulaşamamıştır. Aynı şekilde SWIR 5 ve TIR'in 6 bantlarına ayrı ayrı dekorelasyon gerilmesi tekniği uygulanmış, ancak bu görüntülerden de istenilen sonuca ulaşamamıştır. Kayaçların spektral özelliklerine göre ASTER'in VNIR, SWIR ve TIR görüntülerinden seçilmiş bantlar üzerine dekorelasyon gerilmesi uygulanmıştır. Fakat bu seçilmiş bantlardan da istenilen sonuca ulaşamamıştır. Litolojik birimler VNIR ve SWIR'in her bandında farklı davranış gösterdikleri için zenginleştirme tekniği, VNIR ve SWIR'in 9 bandı üzerine uygulanmıştır. Dekorelasyon gerilmesi ile her bir bandın kontrastlığı artırılmış ve spektral parlaklık değerleri birbirine yakın olan cisimlerin ayrılması sağlanmıştır. Dekorelasyon gerilmesi, PC analizi kadar güçlü bir tekniktir. Sonuç görüntüler bölgedeki kayaçlar hakkında daha ayrıntılı sonuçlar vermektedir.

Dekorelasyon gerilmesi uygulanmış VNIR ve SWIR görüntülerinden DC1, DC2, DC5 numaralı bantlar, kırmızı; yeşil; mavi üçlü Bant kombinasyonunda açılmıştır (Şekil 8.26). Koyu siyah renkte görülen yerler orman ve tarlaların bulunduğu bölgeleri temsil etmektedir. Bölgenin güneydoğusunda yer alan konglomera açık yeşil renkte görülmektedir. Mermer ve rekristalize kireçtaşı koyu mavi ve pembemsi renkte görülmektedir. Kalker ise, görüntüde mor renkte görülmektedir. Sultaniye civarında yer alan marn, görüntü üzerinde beyaz renkte görülmektedir. DSİ tarafından hazırlanan 1/100.000 ölçekli Alpu ovasının jeoloji haritasında kil, kum, çakıl olarak tanımlanan yeni alüvyon dekorelasyon gerilmesi tekniği ile eski alüvyondan ayrılmıştır. Yeni alüvyonun, demir minerali içeren kayaçlarla aynı spektral özellik gösterdiği dekorelasyon gerilmesi tekniği ile belirlenmiştir. Bu durumun yeni alüvyonu oluşturan birimlerdeki (kil, kum, çakıl) demir oranının fazla olmasından kaynaklanacağı düşünülmektedir. Gabro ise iyileştirilmiş görüntü üzerinde sarı renktedir.



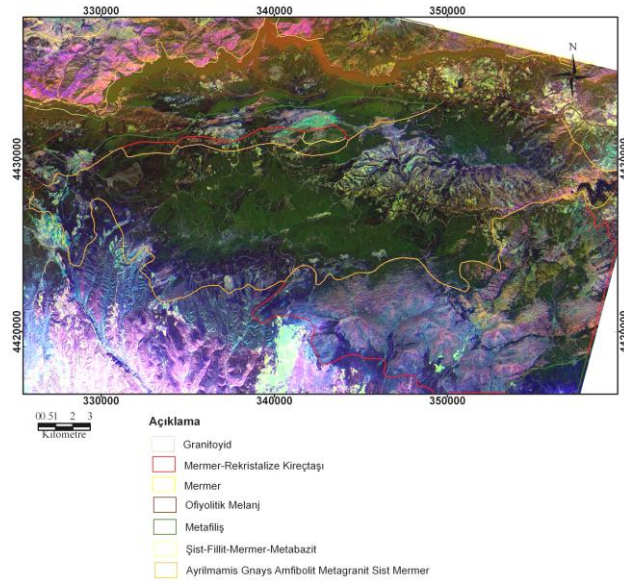
Şekil 8.26. ASTER 758 dekorelasyon gerilmesi RGB: DC1,DC2,DC5

Sakarya Nehrinin kuzeyindeki Paleosen döneminde çökelmiş karasal kıvrıntılılar olarak geçen çakıltaşı, kumtaşı, marn ile Eosen yaşlı kıvrıntılıların ayrımı dekorelasyon gerilmesi görüntüsünde görülmektedir (Şekil 8.27). Gökçekaya Barajı kuzeyindeki şist, fillit, mermer, metabazit gibi metamorfik kayaların birbirinden ayrılması dekorelasyon gerilmesi tekniği ile diğer yöntemlere göre daha iyi sağlanmıştır.



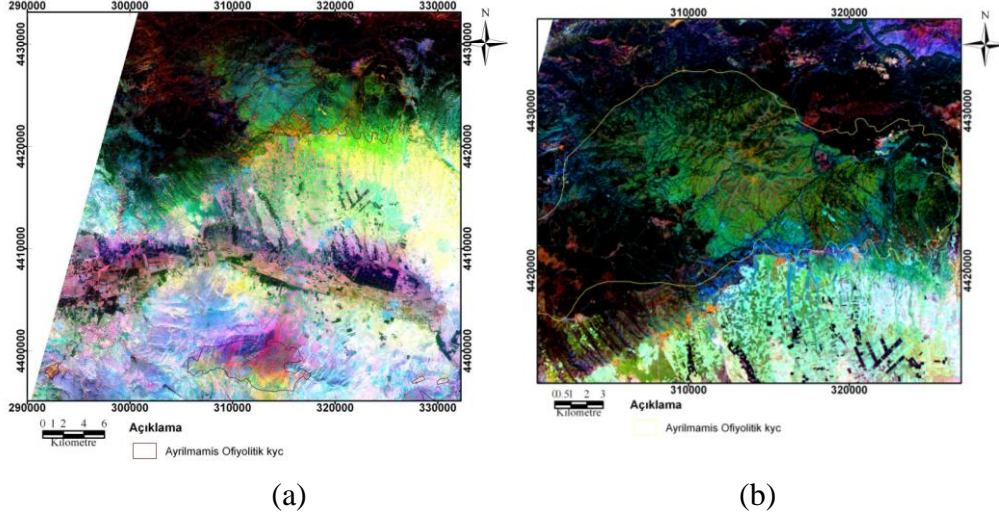
Şekil 8.27. ASTER 758 karasal kırıntılar ve metamorfik kayalar, dekorelasyon gerilmesi RGB: DC1,DC2,DC5

Gökçekaya Barajı güneyindeki metamorfikler; gnays, metagranit, amfibolit, mermer, şist birbirlerinden ve bitkiden dekorelasyon gerilmesi ile ayrılmıştır (Şekil 8.28). PC analizinde bu ayırım elde edilememiştir.



Şekil 8.28. ASTER 758 metamorfik birimler, dekorelasyon gerilmesi RGB: DC1,DC2,DC5

DC1, DC5, DC9 görüntüsü ile ofiyolitik kayaçların (peridotit, dünit, harzburjit, gabro) birbirinden olan ayrımı görülmektedir (Şekil 8.29a). Tandır, Kozlubel köylerinin bulunduğu alanda yer alan peridotit-dünit kayacındaki zonlanma görülmektedir (Şekil 8.29b). Bunun nedeni, olivin içeren peridotitin serpantinleşmesi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 8.29. ASTER 758 (a) Ofiyolitik kayaçların ayrımı DC1,DC5,DC9, (b) Peridotit kayacındaki zonlanma DC8,DC2,DC1

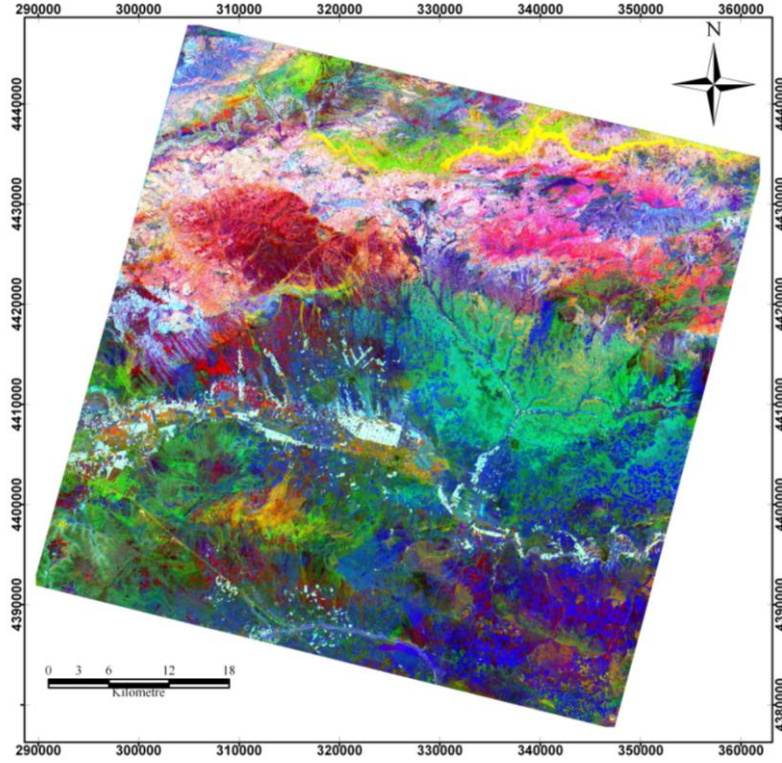
8.2.1.4. Bant Orantılama Görüntüleri

Çalışma alanını içeren VNIR, SWIR ve TIR görüntülerine Bant orantılama tekniği uygulanmış ve bölgedeki kayaçlar için en uygun üçlü bant kombinasyonları seçilmiştir.

Demir içerikli kayaçları elde etmek için Bant 1 ve Bant 2, sedimanter ve metamorfik kayaçları ortaya çıkarmak için Bant 4 ve Bant 6, silis içerikli sedimanter kayaçları belirginleştirmek için termal bölgeden Bant 13 seçilmiştir. Görünür bölgede Bant 1/Bant 2, kısa dalga boyu bölgesinde Bant 4/Bant 6 ve termal bölgede Bant 13/Bant 4 orantılama işlemi yapılmıştır.

Bant orantılama sonucunda görüntüde, beyaz ve pembe renkli yerler ormanlık ve ekili alanları temsil etmektedir (Şekil 8.30). Koyu yeşil renkte olan yerler kalker, kireçtaşı ve mermerlere karşılık gelmektedir. Açık yeşil olan yerlerin ise marnlı alanlar olduğu düşünülmektedir. Gökçekaya Barajı'nın göl

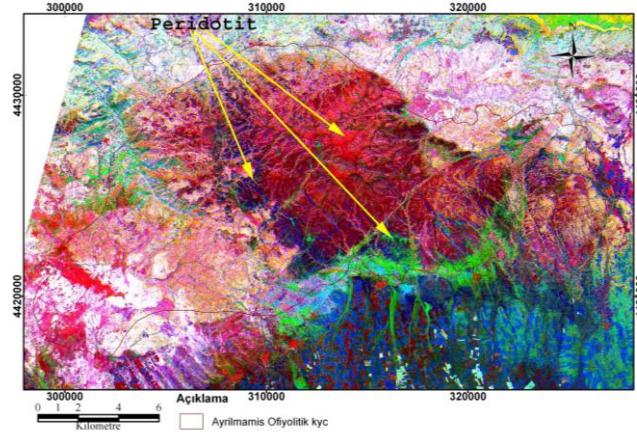
alanı görüntünün kuzeyinde canlı sarı renkte görülmektedir. Turuncu alan gabro, bordo renk dünit, harzburjittir. Koyu mavi renkte görülen alanlar, kumtaşı ve kıltaşı bantlı konglomeralardır. Ahiler, Gökdere Köyleri civarlarında yer alan bir başka konglomera türü ise kırmızı renkte görülmektedir.



Şekil 8.30. ASTER 758 Bant orantılama görüntüsü RGB: 13/4,1/2,4/6

Bu görüntü (Şekil 8.31), RGB 8/4, 1/2 ve 4/6 Bant orantılama sonucu elde edilmiştir. Bu görüntüdeki peridotit farklılığı ortaya çıkarmak için Bant 13 yerine Bant 8 kullanılmıştır. Özellikle Tandır köyü doğusunda, kuzeyden güneye doğru mavi renkte uzanan kalın zon bu Bant orantılama görüntüsü ile ortaya çıkarılmıştır. Görüntüde Gündüzler, Sepetçi Köyleri kuzeyinde yer alan dünit, harzburjit kayaçlarındaki renk farklılığı belirgindir. Bu bölgede arazi çalışması yapılmıştır. Görüntüde peridotit kayacındaki renk farklılaşmasının olduğu bölge, diyabazların bulunduğu alanlara karşılık gelmektedir (Şekil 8.32). Peridotitlerin batısına doğru gidildikçe diyabaz dayklarına rastlanmıştır. Diyabaz daykları, okyanus kabuğu malzemesinin üst seviyelerinde görülür. Batıya doğru ofiyolitik

melajı oluşturan birimlere geçilmiştir. Yeşil renkteki yerler manyezit yataklarının olduğu yerlere karşılık gelmektedir. Turkuaz renkli yerler ise, bu yörede yoğun olarak bulunan sepiyolit yataklarını göstermektedir.



Şekil 8.31. ASTER 758 peridotit, Bant orantılama görüntüsü RGB: 8/4,1/2,4/6



Şekil 8.32. Gündüzler köyü kuzeyinde bulunan diyabaz daykları

758 numaralı alan için uygulanan görüntü zenginleştirme teknikleri tamamlanmıştır. Bölgedeki kayalara göre görüntü zenginleştirme tekniklerinden elde edilen bant kombinasyonları Çizelge 8.8’de verilmiştir. Bölgede bulunan kayalara uygulanan tekniklerin puanlama esasına göre değerlendirmesi Çizelge 8.9’da görülmektedir.

Çizelge 8.8. ASTER 758’de bulunan kayalar ve uygulanan tekniklerden elde edilen görüntüler

| Çalışılan Alandaki Kayalar | | Temel Bileşen Görüntüleri (RGB) | Crosta Tekniği (RGB) | Dekorelasyon Gerilmesi (RGB) | Bant Orantılama (RGB) |
|---|-------------------|---|---|------------------------------|-----------------------------|
| Metamorfik Kayalar | Şist, Fillit, | PC2,PC5,PC3 PC2,PC6,PC7 PC4,PC5,PC6 | PC 2 (Bant 3-6-8-9) PC 3 (Bant 2-4-6-7) PC 3 (Bant 1-2-5-6) | DC1,DC2,DC5 | 13/4,1/2,4/6 3/4,4/7,1/2 |
| | Metakumtaşı | PC2,PC5,PC3 | | | |
| | Mermer | PC1,PC5,PC7 PC2,PC5,PC3 PC2,PC6,PC7 PC4,PC5,PC6 PC8,PC5,PC7 | PC 2 (Bant 3-6-8-9) PC 3 (Bant 2-4-6-7) PC 3 (Bant 1-2-5-6) | DC1,DC2,DC5 | 13/4,1/2,4/6 3/4,4/7,1/2 |
| | Gnays Amfibolit | PC2,PC6,PC7 | PC 2 (Bant 3-6-8-9) PC 3 (Bant 2-4-6-7) PC 3 (Bant 1-2-5-6) | DC1,DC2,DC5 | |
| | Metakonglomera | PC2,PC5,PC3 | | | |
| Ofiyolitik Kayaç | Gabro | PC2,PC5,PC3 PC2,PC6,PC7 PC8,PC5,PC7 | | DC1,DC2,DC5 DC1,DC5,DC9 | 13/4,1/2,4/6 |
| | Dünit, Harzburjit | PC2,PC5,PC3 PC2,PC6,PC7 | PC 2 (Bant 3-6-8-9) PC 3 (Bant 2-4-6-7) PC 3 (Bant 1-2-5-6) | DC1,DC5,DC9 DC8,DC2,DC1 | 13/4,1/2,4/6 8/4,1/2,4/6 |
| | Ofiyolitik Melanj | PC2,PC6,PC7 | | DC1,DC5,DC9 DC8,DC2,DC1 | |
| Gölsel Kireçtaşları | | PC1,PC5,PC7 PC2,PC5,PC3 PC2,PC6,PC7 | PC 2 (Bant 3-6-8-9) PC 3 (Bant 2-4-6-7) PC 3 (Bant 1-2-5-6) | DC1,DC2,DC5 | |
| Karasal Kırıntılılar | Kalker | PC1,PC5,PC7 PC2,PC5,PC3 PC3,PC8,PC5 PC4,PC1,PC5 | PC 2 (Bant 3-6-8-9) PC 3 (Bant 2-4-6-7) PC 3 (Bant 1-2-5-6) | DC1,DC2,DC5 | 13/4,1/2,4/6 |
| | Marn | PC2,PC5,PC3 PC3,PC8,PC5 PC4,PC1,PC5 PC8,PC5,PC7 | | DC1,DC2,DC5 | |
| | Konglomera | PC1,PC5,PC7 PC2,PC5,PC3 PC3,PC8,PC5 PC4,PC1,PC5 PC8,PC5,PC7 | PC 2 (Bant 3-6-8-9) PC 3 (Bant 2-4-6-7) PC 3 (Bant 1-2-5-6) | | |
| Alüvyon | Yeni Alüvyon | PC1,PC5,PC7 | | DC1,DC2,DC5 DC1,DC5,DC9 | |
| Bitki indeksi (İğne yapraklı ve geniş yapraklı) | | PC2,PC5,PC3 | | | |

Çizelge 8.9. ASTER 758’de bulunan kayalara göre uygulanan tekniklerin puanlama esasına göre değerlendirmesi

| Çalışılan Alandaki Kayaçlar | | Temel Bileşen Görüntüleri (RGB) | Crosta Tekniği (RGB) | Dekorelasyon Gerilmesi (RGB) | Bant Orantılaması (RGB) |
|---|-------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|
| Metamorfik Kayaçlar | Şist, Fillit, | **** | ***** | ***** | ***** |
| | Mermer | ***** | **** | *** | *** |
| | Gnays Amfibolit | ** | ***** | ***** | *** |
| | Metakonglomera | **** | ***** | * | ** |
| Ofiyolitik Kayaç | Gabro | **** | ** | **** | ***** |
| | Dünit, Harzburjit | **** | ***** | ***** | ***** |
| | Ofiyolitik Melanj | *** | ***** | *** | ** |
| Granitoyit | | * | ** | *** | * |
| Gölsel Kireçtaşları | | **** | **** | *** | *** |
| Karasal Kırıntılılar | Kalker | **** | | ***** | |
| | Marn | ***** | **** | ***** | *** |
| | Konglomera | ***** | ***** | ***** | *** |
| Alüvyon | Yeni Alüvyon | ** | * | ***** | * |
| | Eski Alüvyon | *** | **** | **** | * |
| Bitki indeksi (İğne yapraklı ve geniş yapraklı) | | *** | ***** | ***** | ***** |

(*): Çok kötü, (**): Kötü, (***) : Orta, (****): İyi, (*****): Çok iyi

8.2.2. 759 Numaralı ASTER Görüntüsü

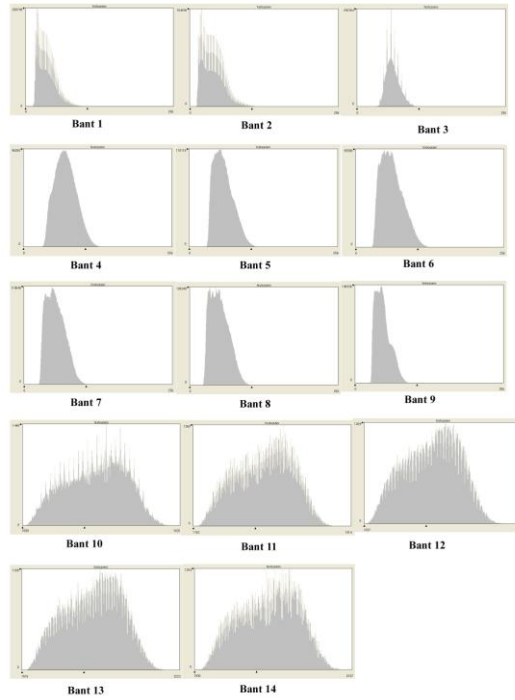
759 numaralı alanın jeolojisi, 758 numaralı alanda yer alan Paleozoyik, Mesozoyik ve Neojen yaşlı bazı sedimanter ve metamorfik birimlerin batıya doğru devamı şeklindedir. En yaşlı birim, Sakarya Nehri kuzeyinde Prekambriyen-Paleozoyik yaşlı ayrılmamış gnays, metagranit, şist, mermer, amfibolit olarak tanımlanan kayaç gurubu ve Sakarya Nehri güneyindeki, üst Paleozoyik-Triyas yaşlı şist, fillit ve mermerlerden oluşmaktadır. Çalışılan bölgenin güneyinde, Üst Jura-Kratabse yaşlı ofiyolitik melanj ve ofiyolitik kayaçlar (gabro, dünit, harzburjit) bulunur. Jura ve Kretase yaşlı kırıntılı ve karbonatlı sedimanter kayaçlar ile üst Jura-alt Kretase yaşlı neritik ve pelajik kireçtaşları, bölgenin kuzeyinde Sakarya Nehri civarında yer alırlar. Bölgedeki genç birimler ise, çalışma alanında Sakarya Nehri'nin kuzeyinde ve güneyinde yer alan Paleosen yaşlı karasal ortamda çökelmiş kiltası, kumtaşı, çakıltaşıdır.

Çalışılan bölgenin jeolojisi 758 numaralı alanın jeolojisine benzemektedir. Ancak, çalışılan alanın büyük bir bölümünün bitki örtüsüyle kaplı olması bölgenin jeolojisinin uzaktan algılama yöntemi ile belirlenmesini zorlaştırmıştır. Özellikle, Muttallip köyü kuzeyindeki Sündiken Dağları'nın bitki örtüsüyle kaplı olması, bölgedeki metamorfik ve ofiyolitik melanjı meydana getiren birimlerin uydu görüntüsü yardımı ile belirlenmesini güçleştirmiştir. Çalışılan alanda, bitkilerin parlaklık etkisi temel bileşenler yöntemi ile azaltılmaya çalışılarak, kayaçların parlaklık değerleri öne çıkarılmıştır.

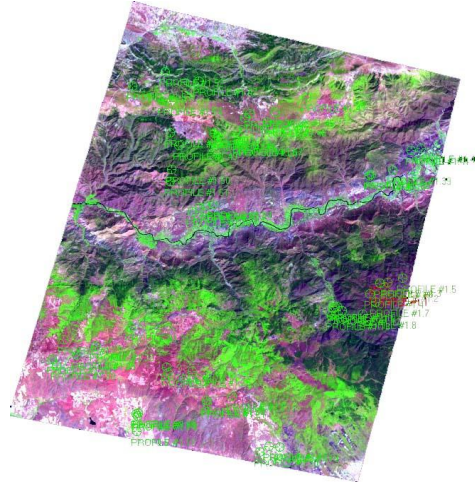
Çalışılan alanın VNIR, SWIR ve TIR bantlarına ait istatistik değerleri ve histogramları Şekil 8.33 ve Çizelge 8.10'da verilmiştir. Öncelikle çalışılan 759 numaralı ASTER görüntüsü üzerinden bölgede bulunan kayaçların spektral imzaları toplanmıştır (Şekil 8.34). Görüntü üzerinden farklı kayaç ve kayaç gruplarından toplanan spektral eğriler Şekil 8.35'te verilmiştir. Aşağıda, uygulanan teknikler ve elde edilen görüntüler yer almaktadır.

Çizelge 8.10. ASTER 759 VNIR, SWIR ve TIR bantları parlaklık değerlerinin istatistiksel sonuçları

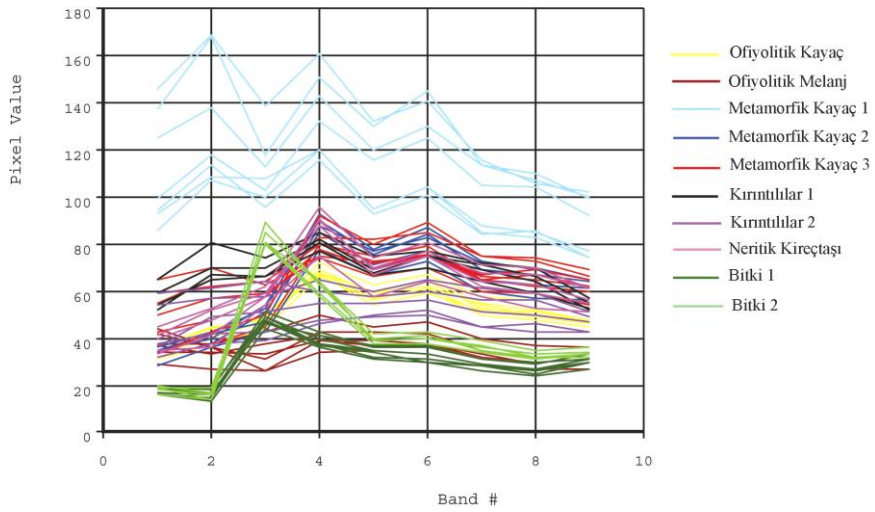
| | En Küçük | En Büyük | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma |
|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|
| Bant 1 | 3 | 146 | 36.689 | 15.822 |
| Bant 2 | 1 | 169 | 39.331 | 18.838 |
| Bant 3 | 1 | 171 | 61.274 | 12.009 |
| Bant 4 | 19 | 180 | 71.864 | 18.139 |
| Bant 5 | 26 | 160 | 58.488 | 16.375 |
| Bant 6 | 22 | 180 | 61.802 | 18.665 |
| Bant 7 | 21 | 153 | 53.724 | 15.878 |
| Bant 8 | 19 | 153 | 50.906 | 15.892 |
| Bant 9 | 24 | 138 | 47.354 | 12.879 |
| Bant 10 | 1080 | 1626 | 1332.589 | 103.292 |
| Bant 11 | 1162 | 1814 | 1453.754 | 115.670 |
| Bant 12 | 1257 | 1973 | 1563.485 | 122.725 |
| Bant 13 | 1515 | 2223 | 1833.678 | 126.246 |
| Bant 14 | 1592 | 2247 | 1899.497 | 118.924 |



Şekil 8.33. ASTER 758 VNIR, SWIR ve TIR uydu görüntülerinin histogramları



Şekil 8.34. ASTER 758 görüntü üzerinden toplanan spektral imzaların alım noktaları

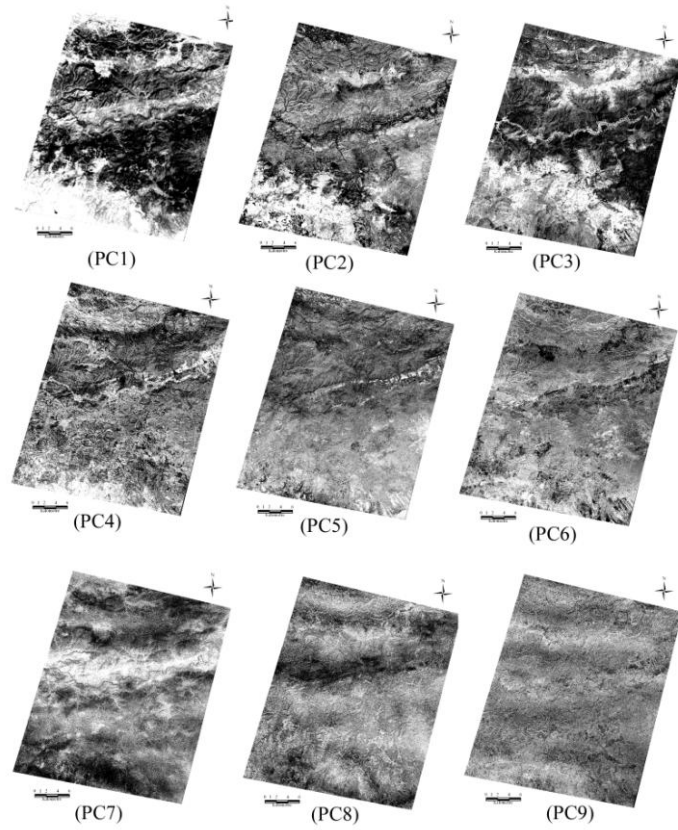


Şekil 8.35. ASTER 758 görüntü üzerinde kayaçların spektral imzaları

8.2.2.1. Temel Bileşenler Analizi Görüntüleri

Çalışılan bölgeye ait ASTER'in VNIR ve SWIR görüntülerine temel bileşenler analizi uygulanmıştır (Şekil 8.36). Analiz sonucu elde edilen eigenvektör istatistiksel değerleri Çizelge 8.11'de verilmiştir. Temel bileşen analizi uygulanarak, bölgedeki bitki örtüsünün yansımaya etkisi azaltılmaya çalışılmıştır.

VNIR ve SWIR bantlarının eigenvektör değerlerine bakıldığında, en yüksek artı ve eksi eigenvektör değerliklerine sahip temel bileşen görüntülerinin, 758 numaralı alanın aynı spektral aralıktaki (VNIR, SWIR) eigenvektör değerlerine karşılık geldiği görülmektedir.



Şekil 8.36. ASTER 759 VNIR SWIR ait 9 temel bileşen görüntüleri

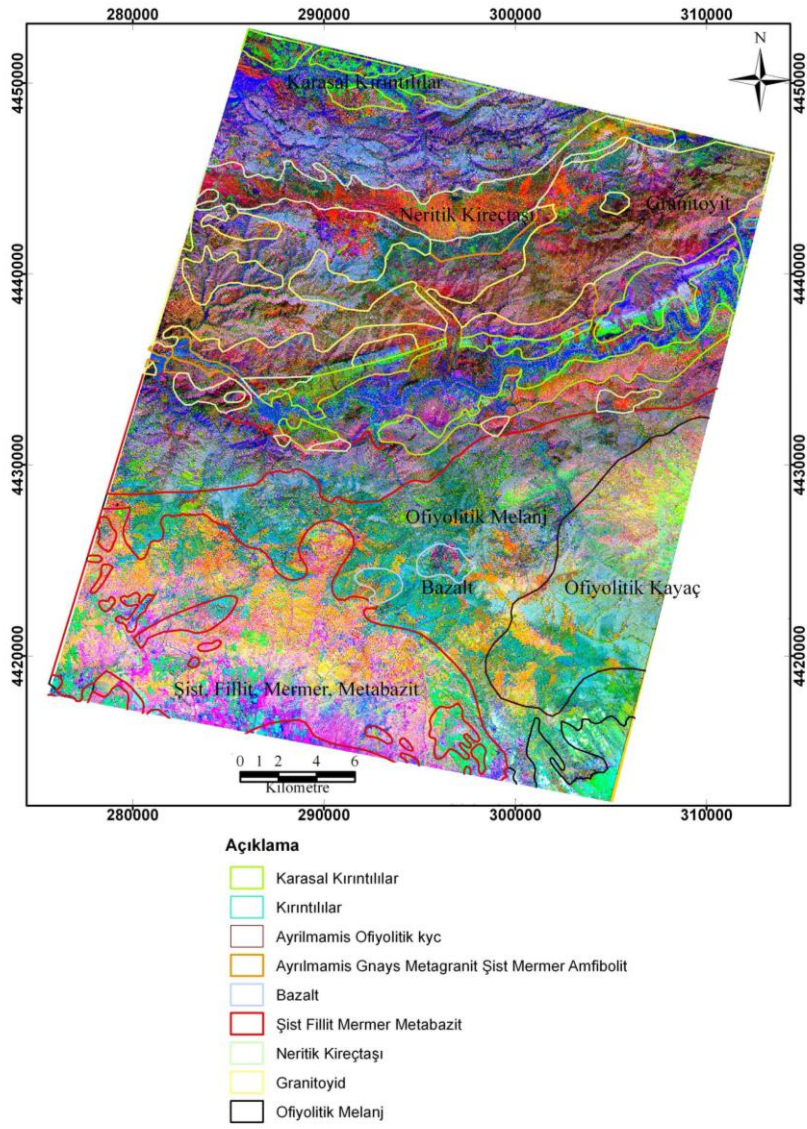
Çizelge 8.11. ASTER 759 VNIR SWIR görüntülerine ait eigenvektör istatistik değerleri

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 | PC7 | PC8 | PC9 |
|-------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Bant1 | 0.30916 | -0.44911 | -0.40310 | 0.18028 | -0.55521 | 0.43839 | -0.06284 | 0.05079 | -0.02762 |
| Bant2 | 0.38120 | -0.41609 | -0.47167 | -0.13513 | 0.55271 | -0.36350 | 0.02060 | -0.03963 | 0.03478 |
| Bant3 | 0.10410 | -0.63596 | 0.71454 | 0.24752 | 0.05675 | -0.09477 | 0.02524 | 0.00662 | 0.00301 |
| Bant4 | 0.38683 | 0.00577 | 0.27766 | -0.84254 | -0.11423 | 0.17081 | -0.14382 | -0.01735 | -0.01270 |
| Bant5 | 0.35291 | 0.21899 | 0.09009 | 0.24665 | 0.22420 | 0.31435 | -0.00907 | -0.75461 | -0.19985 |
| Bant6 | 0.40298 | 0.24724 | 0.10577 | 0.18273 | 0.32803 | 0.39213 | 0.36043 | 0.58322 | 0.02196 |
| Bant7 | 0.34394 | 0.18224 | 0.05023 | 0.07815 | -0.33980 | -0.35558 | 0.38364 | -0.17974 | 0.64690 |
| Bant8 | 0.34381 | 0.19122 | 0.03974 | 0.11120 | -0.30839 | -0.49747 | 0.05541 | 0.13872 | -0.68293 |
| Bant9 | 0.27423 | 0.20454 | 0.06301 | 0.25576 | 0.03947 | -0.10502 | -0.83311 | 0.18538 | 0.26937 |

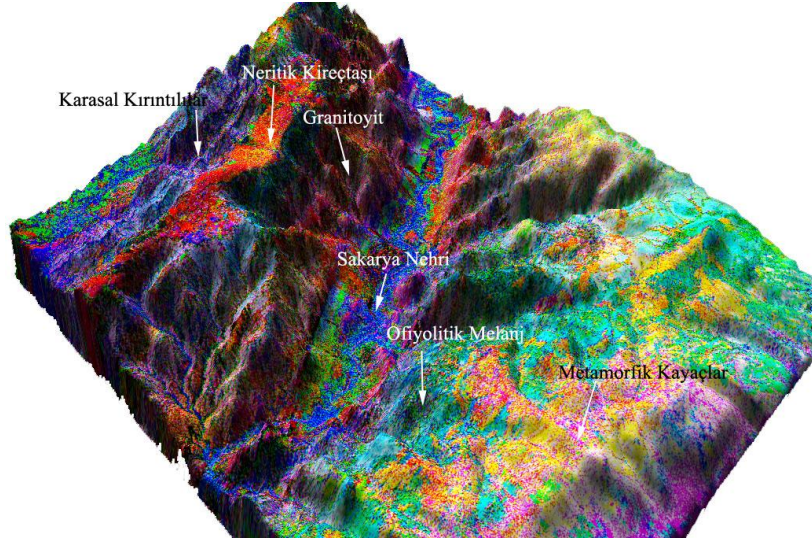
Kayaçların elektromanyetik spektral dalga boyu aralıklarında gösterdikleri davranış özellikleri göz önünde bulundurarak temel bileşen görüntülerinden PC2, PC5 ve PC4 belirlenmiştir (Şekil 8.37). PC2, yüzeyin topoğrafik etkilerini diğer temel bileşen görüntülerine göre daha belirgin olarak verilmesinden dolayı seçilmiştir.

Görüntüye bakıldığında mat yeşil renkte olan bölgeler, bitki kaplı alanlara karşılık gelir. Açık yeşil yerler, Paleosen yaşlı kıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı birimlerine karşılık gelen yerleri göstermektedir. Bölgedeki neritik kireçtaşları kırmızı-turuncu renklere görülmektedir. Şist, fillit, mermer, metabazit gibi metamorfik kayaçlar, koyu ve açık pembe, mavi, turkuvaz, sarı ve yavruağzı renklere değişim sunmaktadır. PC2, PC5 ve PC4 görüntüsünün SAM üzerine yerleştirilmiş görüntüsü Şekil 8.38'de görülmektedir. Litolojik birimlerin sınırlarının topografya ile olan uyumu görülmektedir.

Temel bileşen görüntülerindeki amfibolit, dünit gibi demir içerikli kayaçlar Bant 1 ve Bant 2'de, sedimanter kayaçlar Bant 4, 5 ve Bant 6'da karakteristik spektral tepki vermiştir.

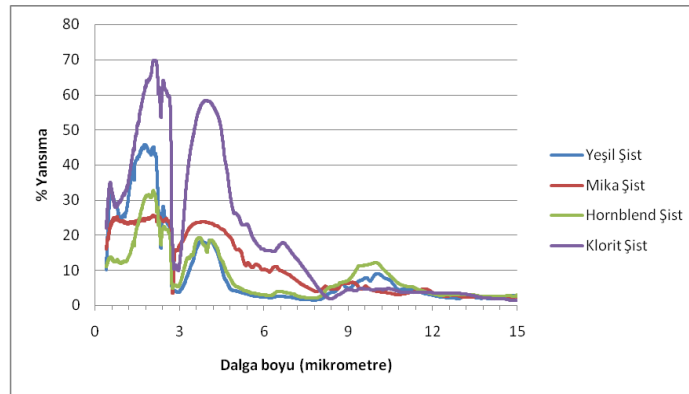


Şekil 8.37. ASTER 759 temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC5,PC4



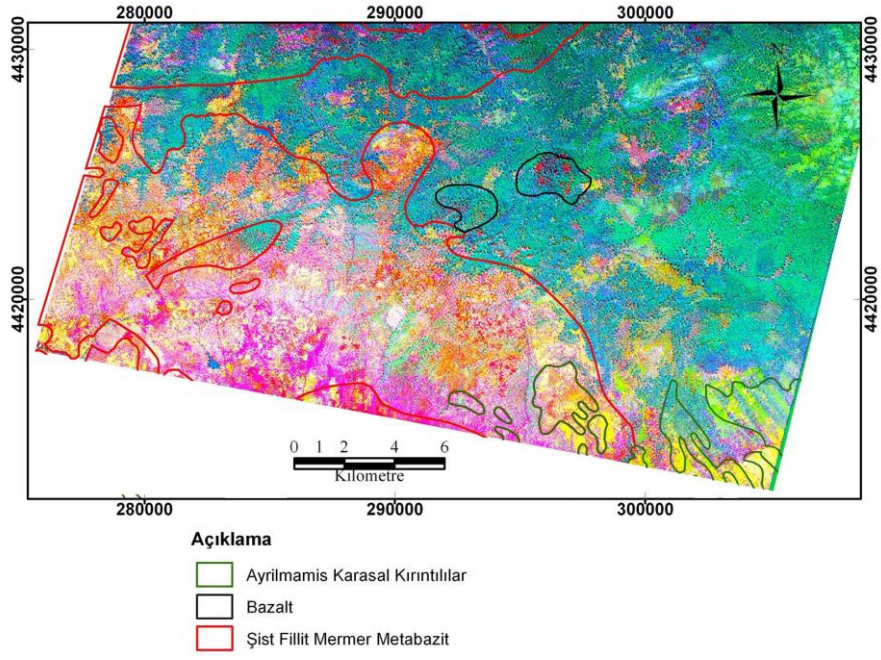
Şekil 8.38. ASTER 759 SAM üzerine oturtulmuş temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC5,PC4

Görüntünün güneyindeki metamorfik kayaçlar, Bant 1 ve Bant 2’de düşük yansımaya gösterirken, Bant 4, 6 ve Bant 7 spektral aralıklarında yüksek yansımaya özelliği gösterirler. Farklı ortamlarda oluşmuş bazı şistlerin laboratuvar koşullarında elde edilmiş spektral imzaları Şekil 8.39’da görülmektedir.



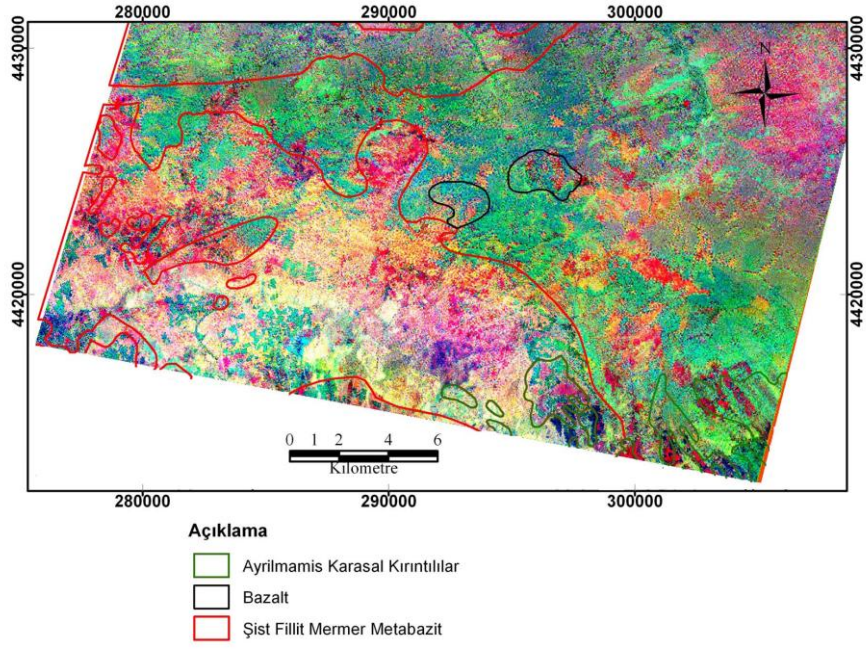
Şekil 8.39. Farklı ortamlarda oluşan metamorfik birimlerin spektral imzaları (Anonim, 2007a)

Çalışma alanındaki metamorfik kayaçların ayrımı için PC1, PC5 ve PC6 bileşen görüntüsü seçilmiştir (Şekil 8.40). Eigenvektör istatistik değerlerinde PC1, veriyi en yüksek pozitif değerlikteki Bant 6’dan, PC5 ise veriyi maksimum pozitif değerlikteki Bant 2’den almıştır. PC6’nın en yüksek eigenvektör değerliğine sahip olduğu bant ise, Bant 1’dir (Çizelge 8.11).

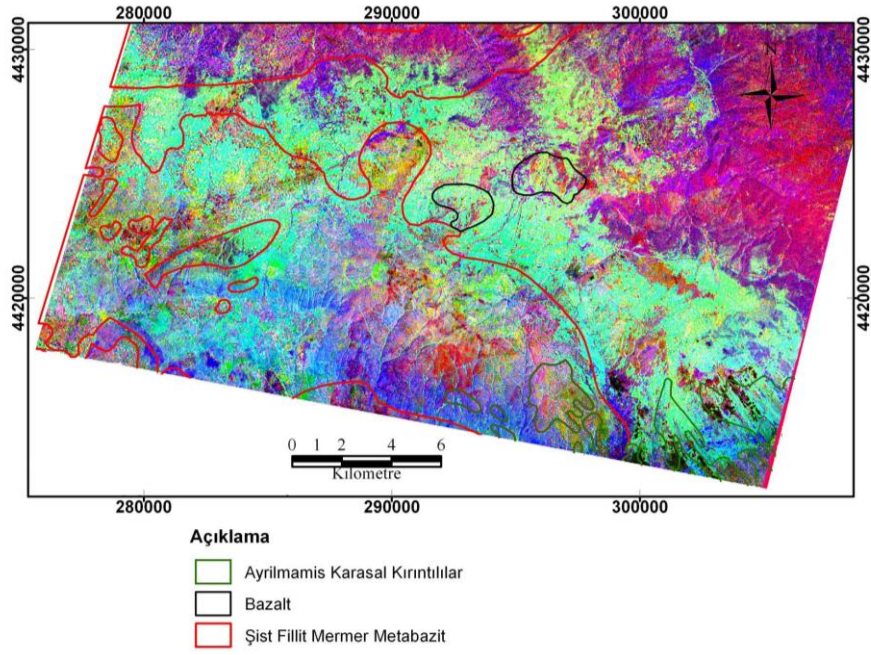


Şekil 8.40. ASTER 759 temel bileşen görüntüsü RGB: PC1,PC5,PC6

Metamorfik kayaların ayırımında kullanılan bir başka PC kombinasyonları RGB: PC2,PC6,PC9 (Şekil 8.41) ve RGB: PC8,PC3,PC6'dır (Şekil 8.42). Güneydeki yeşilşist fasiyesinde oluşmuş metamorfik kayaların ayırımı her iki görüntüde de görülmektedir. PC8,PC3,PC6 görüntüsünde sarı renkte bölgedeki metakumtaşlarının ayırımı sağlanmıştır.



Şekil 8.41. ASTER 759 temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC6,PC9



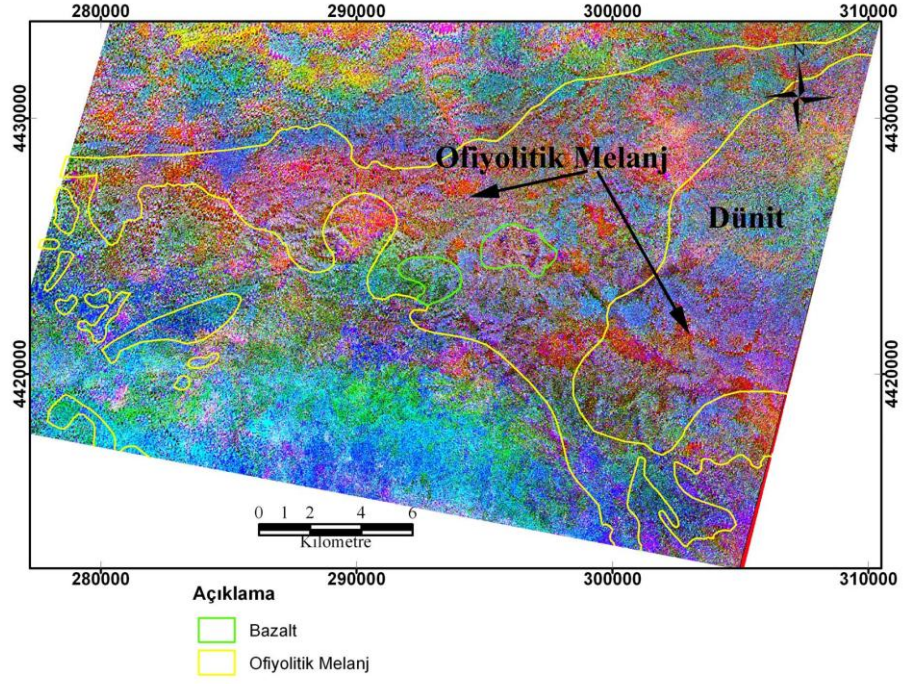
Şekil 8.42. ASTER 759 metakumtaşı, temel bileşen görüntüsü RGB:PC8,PC3,PC6

Bölgede metamorfik kayaların üzerinde diskordans olarak yer alan serpantinit, radyolarit ve mermerden oluşmuş ofiyolitik melanj, SWIR bölgesinde en çok 2.18 – 2.43 µm aralığında karakteristik spektral farklılık sunar. Ofiyolit melanjın bulunduğu bölgenin ağaçlarla kaplı olması nedeniyle, bu birimin ortaya çıkartılması için özellikle bitkinin yüksek yansımaya özelliği göstermediği temel bileşen görüntüleri seçilmiştir.

Temel bileşen görüntülerinden PC1, PC2 ve PC3, bitkilere ait spektral bilgileri taşımaktadır. Bitkiler, ASTER Bant 2 ve Bant 3'te kendilerine özel spektral davranış gösterirler. Bu bantlar, Landsat TM'de Bant 3 ve Bant 4'e karşılık gelmektedir. TM3 bitkilerin düşük yansımaya gösterdiği, TM4 ise yüksek yansımaya özelliği gösterdiği Bantlardır. Eigenvektör değerlerinden, ASTER Bant 2 ve özellikle Bant 3'ün en yüksek artı veya eksi eigenvektör değerliğine sahip olduğu temel bileşen görüntülerinin PC2 ve PC3 olduğu görülmektedir. Bu nedenle iğne (çam, vb.) yapraklı ve geniş yapraklı (meşe, vb.) ağaçlarla kaplı bitki örtüsü altında bulunan kayaları açığa çıkarmak için PC2 ve PC3 temel bileşen görüntüleri kullanılmamıştır.

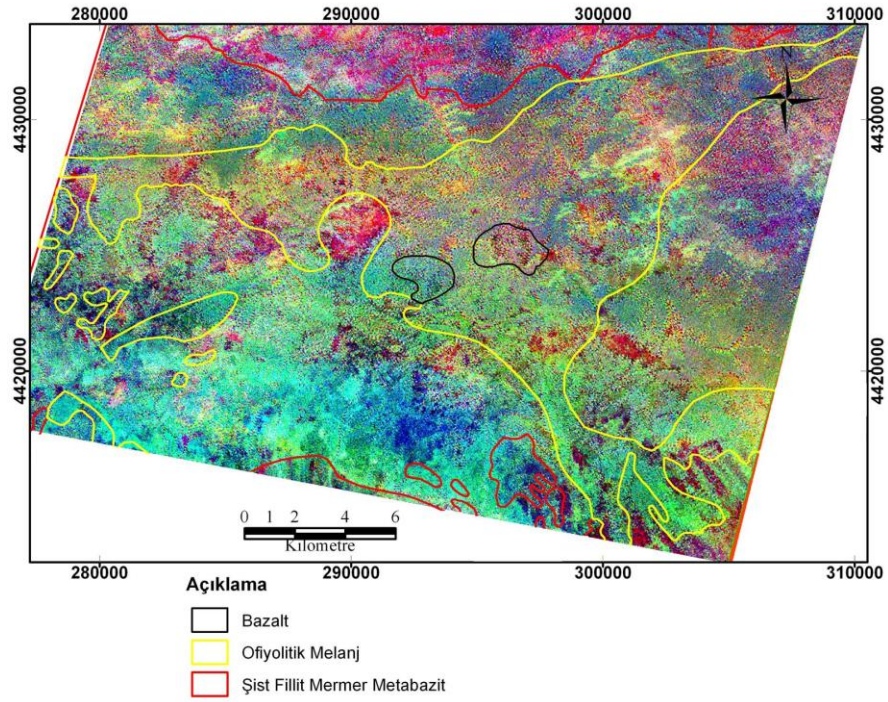
Yukarıdaki verilen bilgiler ışığında ofiyolitik kayaların genel görünümü, PC7, PC9, PC4 görüntüsünde elde edilmiştir (Şekil 8.43). Sakarya Nehri'nin güneyindeki ofiyolitik kayalar, PC4'de koyu renkli görülmektedir. En yüksek eksi eigenvektör değeri Bant 4'ten gelmiştir. PC7 veriyi, Bant 7 ve Bant 9'dan, PC9 ise Bant 7 ve Bant 8'den almıştır.

Mavi renkte görülen alanlar ormanlık yerleri, kırmızı renkte görülen yerler ise ofiyolitik melanj olarak tanımlanan radiolaritler, radiolaryalı kireçtaşları, çamurtaşları, serpantinit, yer yer serpantinleşmiş peridotit ve gabro bloklarını göstermektedir. Görüntünün güneydoğusu incelendiğinde, ofiyolitik melanj olarak kırmızı renkli görülen birimin, 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasında ofiyolitik kayacık (dünit) sınırı içinde yer aldığı görülmektedir.



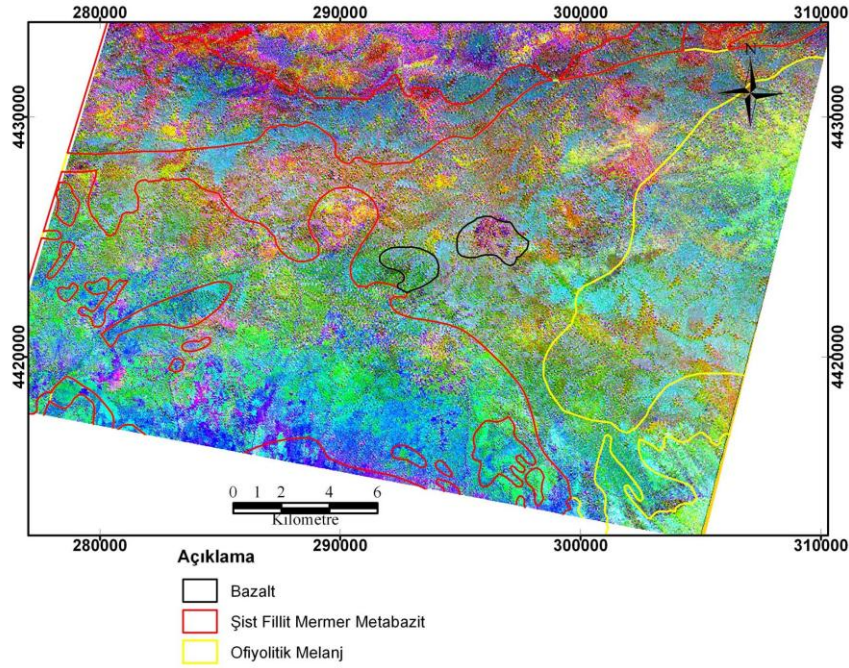
Şekil 8.43. ASTER 759 bulunan ofiyolitik melanj, temel bileşen görüntüsü RGB:PC7,PC9,PC4

Ofiyolitik melanj için bir diğer görüntü ise PC7, PC6 ve PC9 (Şekil 8.44). PC6 ve PC7 görüntülerinde parlak görünen yerler, demir içerikli kayaçların olduğu bölgeleri göstermektedir. Koyu kırmızı renkli bölgeler çamurtaşı, radyolaryalı kireçtaşı gibi sedimanter birimleri göstermektedir. Koyu mavi, turkuvaz renkli bölgeler ise metamorfik kayaçları temsil etmektedir.



Şekil 8.44. ASTER 759 ofiyolitik kayaçlar, temel bileşen görüntüsü RGB: PC7,PC6,PC9

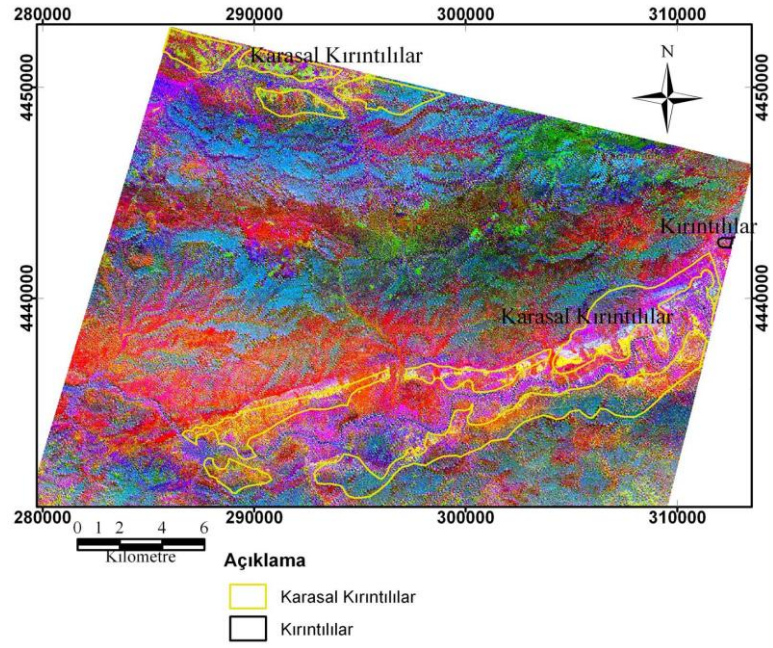
Ofiyolitik melanjın belirlenmesinde kullanılan bir diğer görüntü ise PC7, PC5, PC4 kombinasyonundan oluşmuştur (Şekil 8.45). Bu üçlü temel bileşen görüntüsü ile bazalt volkanik kayacı belirgin olarak algılanmıştır. Yine bu bantlar ile ofiyolitik melanjı oluşturan birimler ve diğer kayaçlarla olan ayırım sağlanmıştır. Görüntüde ofiyolitik melanjın kuzeyinde bulunan metamorfik birimlerin, güneyindeki metamorfik birimlerden farklı olduğu görülmektedir. Daha ayrıntılı çalışmalar için çalışılan yerlerin arazi ve laboratuvar çalışması ile desteklenerek, litolojik sınırların yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir.



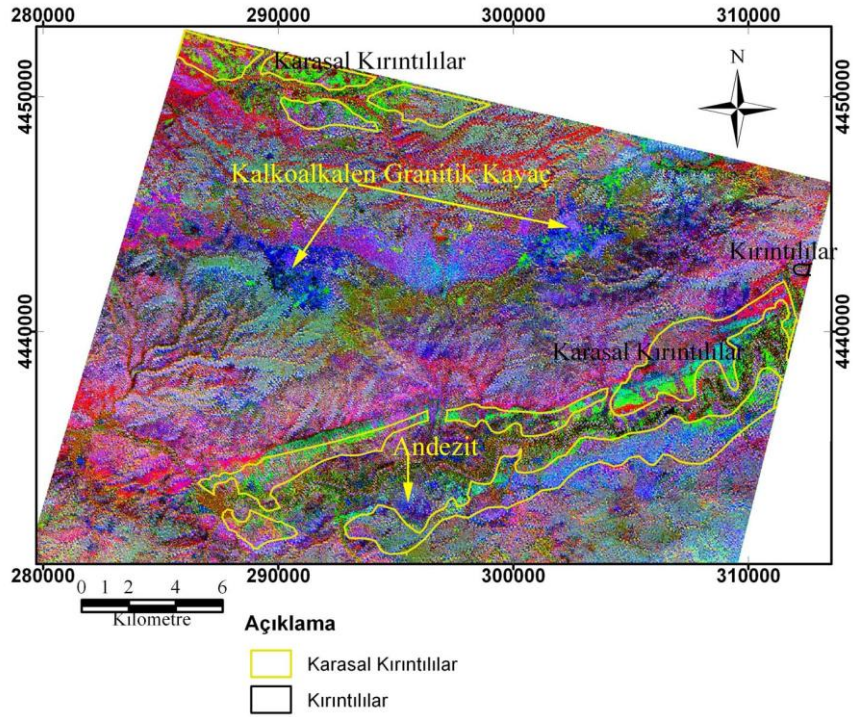
Şekil 8.45. ASTER 759 ofiyolitik melanj, temel bileşen görüntüsü RGB:PC7,PC5,PC4

PC7, PC5, PC4 görüntüsüne incelendiğinde açık sarı renkte görülen birim, çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, marndan oluşan karasal kırıntılıları oluşturduğu gözlenir (Şekil 8.46). Sedimanter birimler Bant 1, 2, 4, 8 ve 9 bantlarında kendilerine özel spektral davranış sunmaktadırlar. Kireçtaşları, Bant 8 ve 9'da yüksek yansımaya özelliği gösterirken, VNIR bölgesinde düşük yansımaya özelliğine sahiptirler. Kumtaşları ve konglomera ise, içerdiği demir minerallerinin miktarına bağlı olarak Bant 1 ve Bant 2'de düşük yansımaya özelliğine gösterirler. Aynı durum, 758 numaralı alanda bulunan mermer, kireçtaşları ve kumtaşlarında da görülmüştür.

Karasal kırıntılı kayaçlar için diğer bant kombinasyonu ise, PC6, PC5, PC2'dir (Şekil 8.47). Bu temel bileşen kombinasyonunda, sedimanter birimler içindeki farklılık gözlenmektedir. Sakarya Nehri'nin güneyindeki mavi renkteki birimler kireçtaşının ağırlıkta olduğu kayaçları, açık yeşil renkli yerler ise, konglomera, kumtaşı, çamurtaşı olan kayaçlara karşılık gelmektedir. Görüntünün kuzeyinde granitoyit kayacı olan kalkoalkalen granitik kayaç, koyu mavi renkte görülmektedir. Karasal kırıntılıların güneyinde bulunan andezit ise mavi renkte görülmektedir.

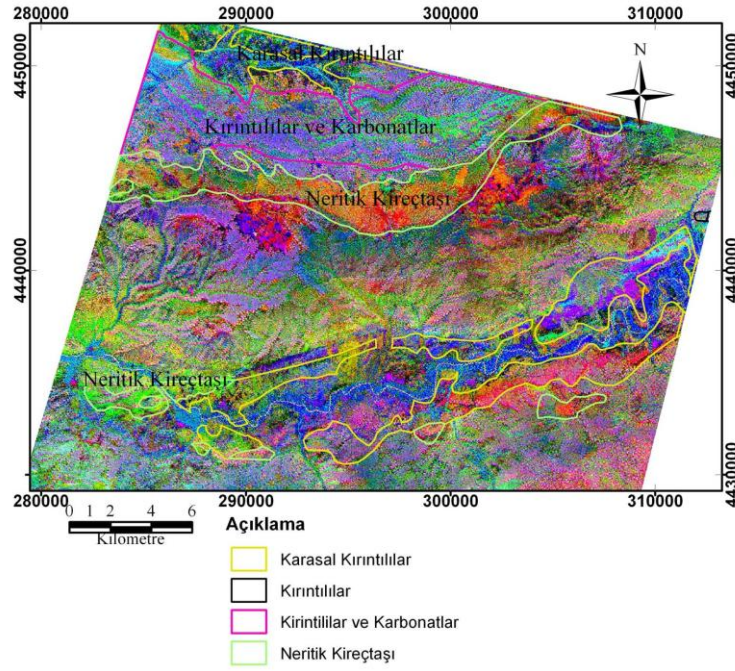


Şekil 8.46. ASTER 759 karasal kırıntılılar, temel bileşen görüntüsü RGB: PC7,PC5,PC4

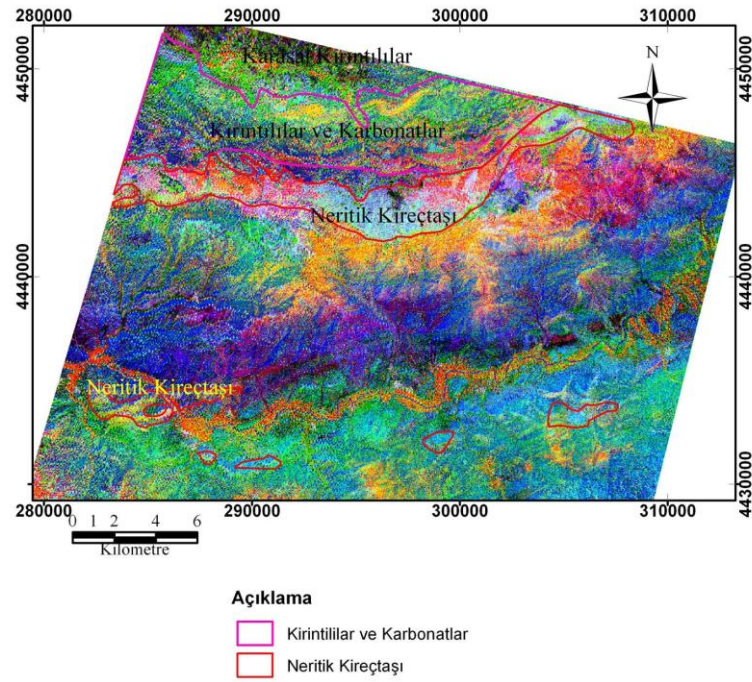


Şekil 8.47. ASTER 759 karasal kırıntılılar, temel bileşen görüntüsü RGB: PC6,PC5,PC2

Bölgedeki neritik kireçtaşlarının bulunmasında ve kayaç içindeki farklılıkların elde edilmesinde PC2, PC6, PC4 temel bileşen görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 8.48). Kuzeydeki neritik kireçtaşı ile Sakarya Nehri'nin güneyinde bulunan neritik kireçtaşları farklı spektral yansıma özelliği göstermişlerdir. Kuzeyde bulunan neritik kireçtaşı kayacı içindeki değişim PC3, PC8, PC2 görüntüsü ile elde edilmiştir (Şekil 8.49).

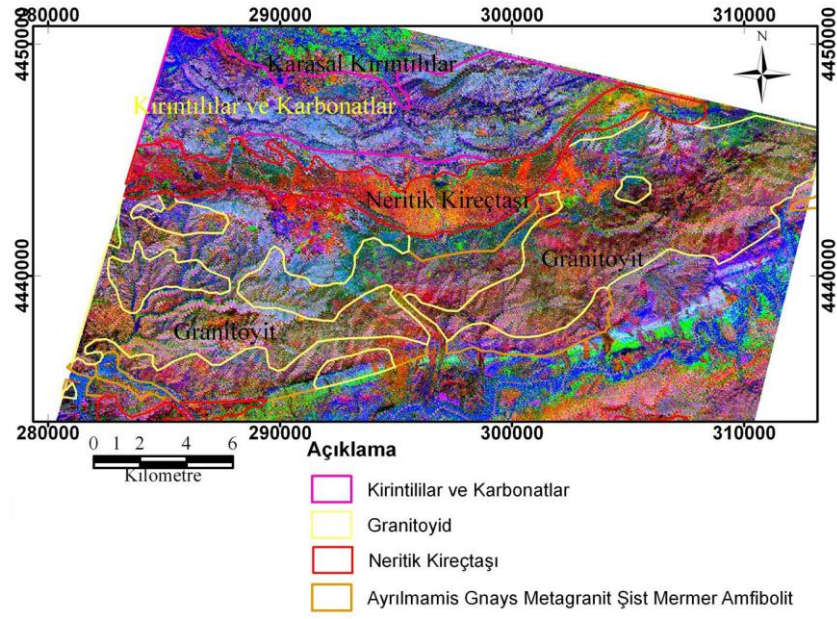


Şekil 8.48. ASTER 759 neritik kireçtaşı, temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC6,PC4



Şekil 8.49. ASTER 759 neritik kireçtaşı, temel bileşen görüntüsü RGB: PC3,PC8,PC2

Son görüntü 759 numaralı bölgede Paleozoyik yaşlı ayrılmamış gnays, metagranit, şist, mermer ve amfibolit'ten oluşan bölgesel başkalaşım kayaları, Karbonifer yaşlı biyotitli ve hornblendli granodiyorit PC2, PC5, PC4 görüntüsünde belirgin olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 8.50). Granodiyorit kayacı içindeki mineral farklılaşması veya bozunma göze çarpmaktadır. Farklı mineralojik bileşime sahip granodiyorit içindeki renk ayrımı PC2, PC6, PC4 temel bileşen görüntülerinde görülmektedir. Granitoyitleri oluşturan kayalar hakkında gerekli bilgiler bölgenin jeolojisi kısmında verilmiştir. Oldukça karmaşık litolojik yapı sunan granitoyitleri uydu görüntüsü üzerinden belirlemek oldukça güç olmuştur. PC2, PC5, PC4 görüntüsü ile bölgenin kuzeyinde bulunan Üst Jura-Kretase yaşlı kireçtaşlarının diğer kayalardan ayrılması sağlanmıştır.



Şekil 8.50. ASTER 759 kireçtaşları ve granitoyitlerin ayrımı, RGB: PC2,PC5,PC4

8.2.2.2. Crosta Tekniği Görüntüleri

Bu çalışmada, VNIR ve SWIR'a ait bantlar bölgedeki kayaçların spektral özelliklerine göre üç farklı gruba ayrılarak temel bileşenler analizi uygulanmış, bölgedeki kayaçları belirlenmesinde her bir grup için en uygun temel bileşen görüntüsü seçilmiştir.

Temel bileşenler analizi uygulanacak üç grup için belirlenen bantlar;

- Birinci grup: Bant 1, 2, 3 ve Bant 4
- İkinci grup: Bant 1, 2, 6 ve Bant 8
- Üçüncü grup: Bant 5, 7, 9 ve Bant 2'dir.

Birinci grupta, Bant 1, 2, 3 ve 4 seçilmiştir. Kumtaşı, kiltası konglomera gibi sedimanter kayaçlar ve metamorfik kayaçlar demir minerali içermeleri nedeniyle görünür bölgede (VNIR) düşük yansımaya özelliği gösterirler. Metamorfik ve sedimanter kayaçlar ASTER Bant 4'te yüksek yansımaya özelliğine sahiptirler. PC3 temel bileşen görüntüsü, en yüksek eksi eigenvektör değerliğinde Bant 1, 2 ve Bant 3'te, artı değerlikli olarak da Bant 4'te görülmektedir. Crosta tekniği için belirlenen ilk temel bileşen görüntüsü, Bant 4'ün en yüksek

eigenvektör değerliğine sahip olduğu PC3'tür (Çizelge 8.12). PC3 görüntüsünde parlak görünen yerlerdeki veriler Bant 4'ten, koyu renkte görünen yerlerdeki veriler ise Bant 1, 2 ve Bant 3'ten gelmektedir (Şekil 8.51a).

Çizelge 8.12. Crosta tekniğinde Bant 1, 2, 3 ve Bant 4'ün eigenvektör değerleri

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|--------------|----------|----------|----------|----------|
| Bant1 | 0.509693 | 0.211252 | -0.416 | 0.72286 |
| Bant2 | 0.616182 | 0.297826 | -0.2704 | -0.67713 |
| Bant3 | 0.195347 | -0.90921 | -0.35915 | -0.07872 |
| Bant4 | 0.567779 | -0.20004 | 0.790466 | 0.113027 |

İkinci grupta seçilen bantlar ile demir içerikli ofiyolitik kayalar belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda ikinci grupta seçilen bantlar kırıntılı sedimanter kayaların elde edilmesi için de kullanılmıştır. Kırıntılı sedimanter kayalar VNIR spektral aralıkta düşük yansıma özeliğine sahiptir. Seçilen Bant 1, 2, 6 ve Bant 8'e temel bileşenler analizi uygulanmıştır. Bu bilgilere göre demir içerikli ofiyolitik kayalar ve kırıntılı sedimanter kayaların yüksek spektral davranış gösterdikleri PC3 içinde, Bant 1 artı ve Bant 2 eksi en yüksek eigenvektör değerliğine sahip olduğu temel bileşen görüntüsüdür (Şekil 8.51b) (Çizelge 8.13).

Çizelge 8.13. Crosta tekniğinde Bant 1, 2, 6 ve Bant 8'in eigenvektör değerleri

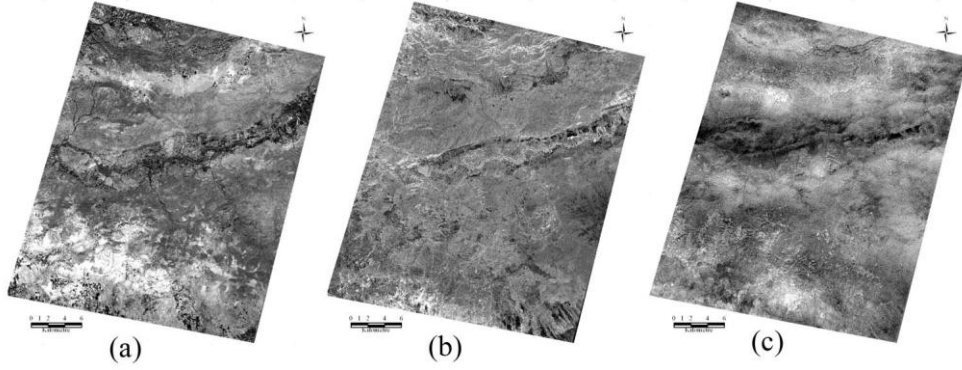
| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|--------------|----------|----------|----------|----------|
| Bant1 | 0.44784 | -0.51812 | 0.727906 | -0.03375 |
| Bant2 | 0.547437 | -0.4845 | -0.68222 | -0.01184 |
| Bant6 | 0.536813 | 0.563273 | 0.04161 | -0.62676 |
| Bant8 | 0.459983 | 0.423709 | 0.054682 | 0.778394 |

Son grupta seçilen bantlar ile granitoyitler elde edilmeye çalışılmıştır. Granitoyiti oluşturan mineral çeşitliliğinin fazla olması bu birimlerin uydu görüntüsü üzerinden belirlenmelerini güçleştirmiştir. Bu çalışmada granitoyit için

Bant 2, 5, 7 ve Bant 9 tercih edilmiştir. Temel bileşenler analizi uygulanması sonucunda PC4 temel bileşen görüntüsü seçilmiştir (Şekil 8.51c) (Çizelge 8.14).

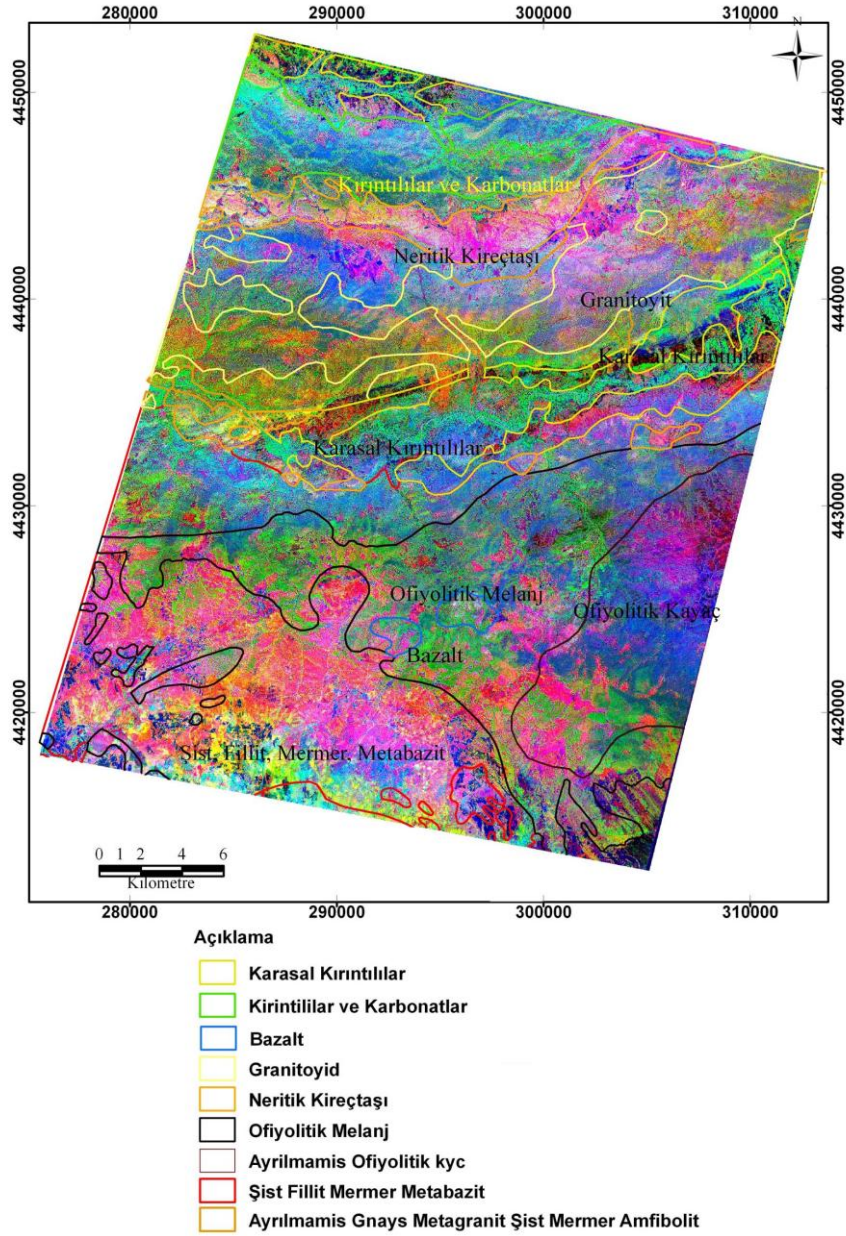
Çizelge 8.14. Crosta tekniğinde Bant 2, 5, 7 ve Bant 9'un eigenvektör değerleri

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|--------------|----------|----------|----------|----------|
| Bant2 | 0.564699 | -0.82304 | -0.05809 | 0.018604 |
| Bant5 | 0.516349 | 0.367504 | -0.39958 | -0.66231 |
| Bant7 | 0.502884 | 0.28913 | 0.812161 | 0.062503 |
| Bant9 | 0.402003 | 0.322413 | -0.42114 | 0.746383 |



Şekil 8.51. ASTER 759 (a) PC3 (Bant 1-2-3-4), (b) PC3 (Bant 1-2-6-8), (c) PC4 (Bant 2-5-7-9)

Bu görüntüde bitkiler açık mavi ve yeşil tonlarında görülmektedir (Şekil 8.52). Genellikle bitkiler Bant 2 ve Bant 3'te belirgin olarak gözlenirler. Pek çok sedimanter ve metamorfik kayalar da bu aralığa ait spektral özelliğe sahiptirler. Bu nedenle, Bant 2, 3 ve Bant 4 kullanılmıştır. Bu görüntü ile litolojik birimlerin birbirinden ayrılması sağlanmıştır. Ancak bazalt, andezit gibi bazı volkanik kayaların belirlenememiştir.

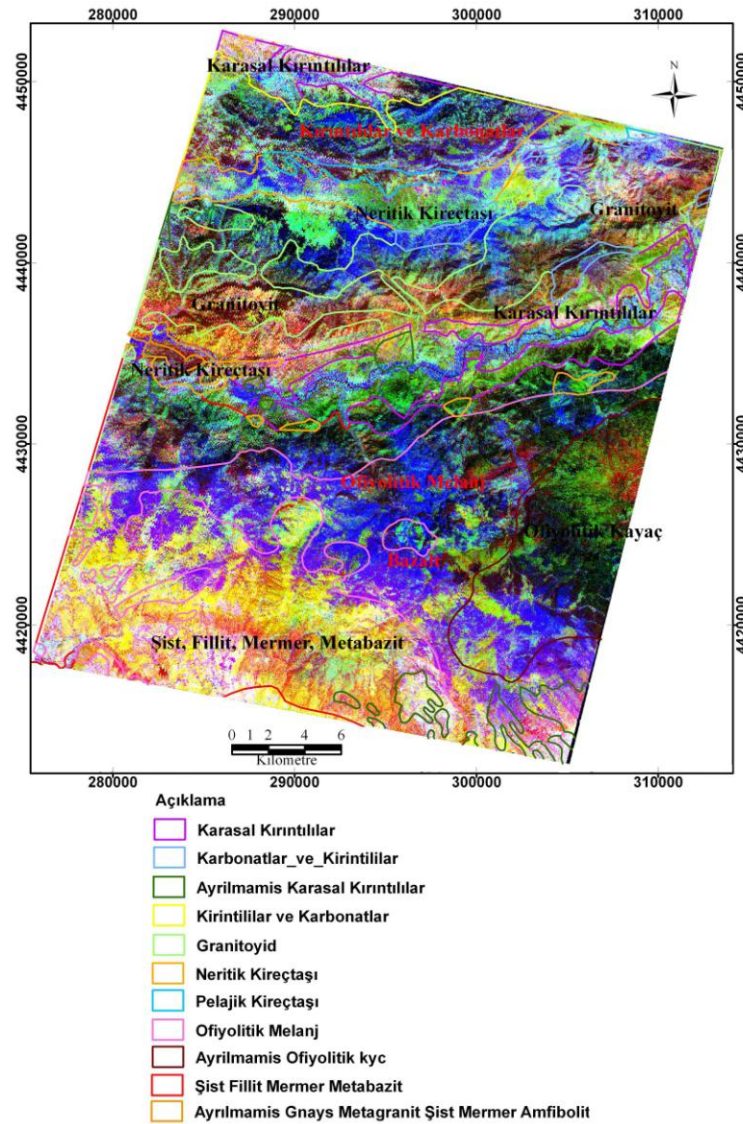


Şekil 8.52. ASTER 759 Crosta tekniği görüntüsü; RGB: PC3 (Bant 1-2-3-4),PC3 (Bant 1-2-6-8),PC4 (Bant 2-5-7-9)

8.2.2.3. Dekorelasyon Gerilmesi Görüntüleri

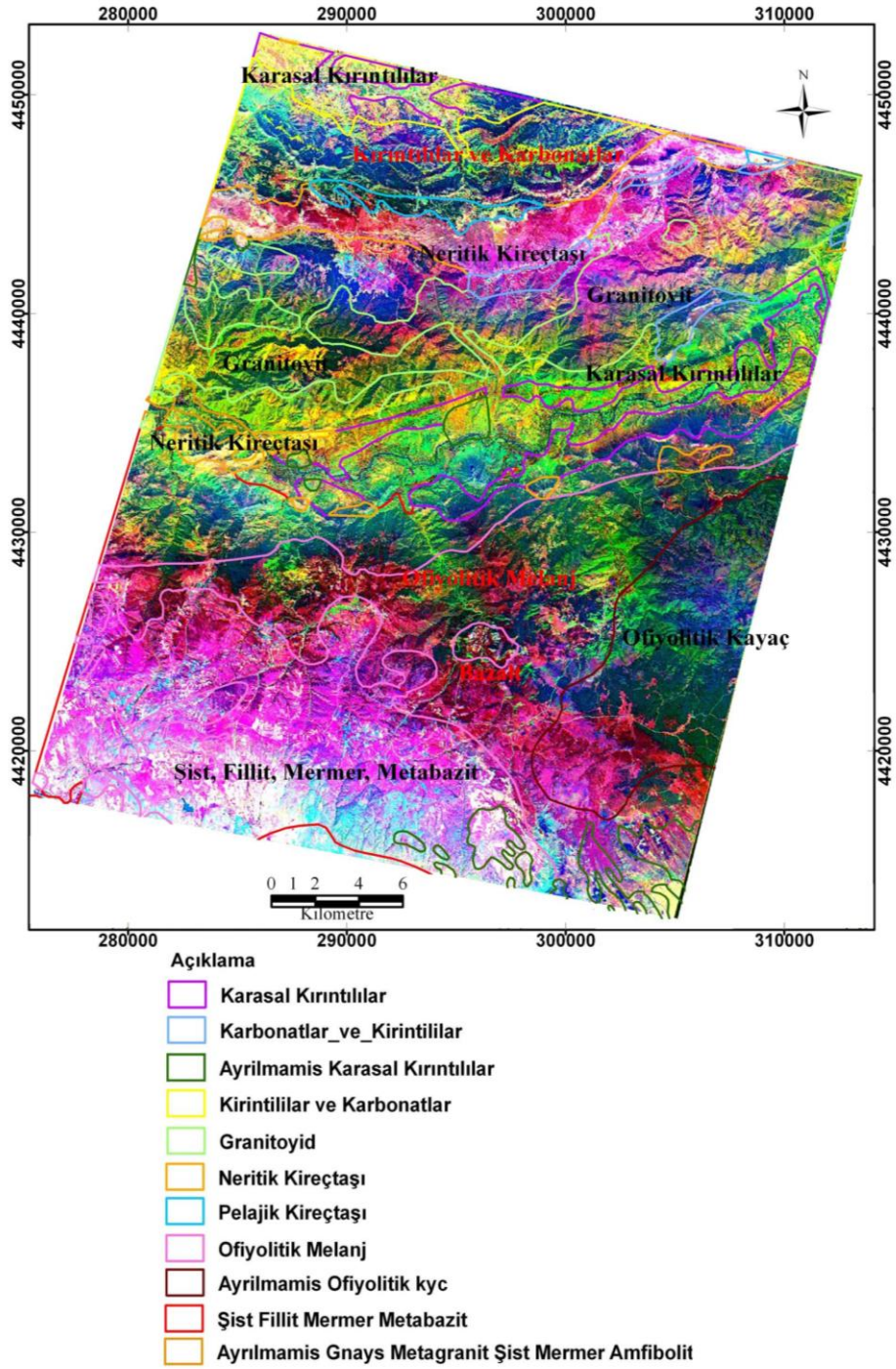
Uygulanan Crosta tekniğinin ardından ilgilenilen alana ait ASTER VNIR ve SWIR görüntülerine dekorelasyon gerilmesi tekniği uygulanmıştır. İlk görüntü RGB: DC5,DC8,DC3'dir (Şekil 8.53). Görüntüde metamorfik kayalar açık sarı, beyaz, pembe renklerde, dünit, harzburjit gibi ofiyolitik kayalar açık yeşil ve

bordo renklerde görülmektedir. Bölgedeki kırıntılı sedimanter kayaçlar bu görüntüde çok fazla ayırt edilememekle birlikte, açık renklerde, karbonatlı kayaçlar ise, koyu renkte görülmektedir. Bölgede yer alan iğne yapraklı ve geniş yapraklı bitkiler oluşlarına göre eflatun ve mavi renklerde. Sakarya Nehri'nin kuzeyinde bulunan granitoyit içerdiği minerallere göre sarı ve kırmızı renklerde gözlenmektedir.



Şekil 8.53. ASTER 759 dekorelasyon gerilmesi görüntüsü RGB: DC5,DC8,DC3

Diğer bir dekorelasyon gerilmesi görüntüsü ise DC4, DC1, DC9'dir (Şekil 8.54).

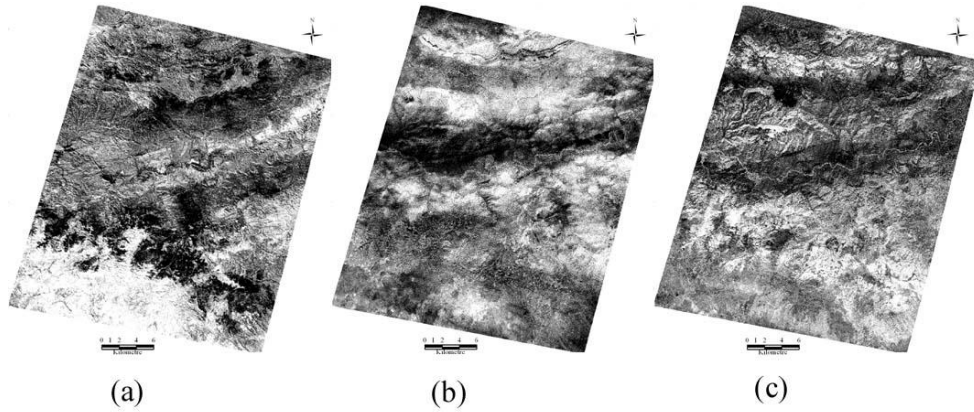


Şekil 8.54. ASTER 759 dekorelasyon gerilmesi görüntüsü RGB: DC4,DC1,DC9

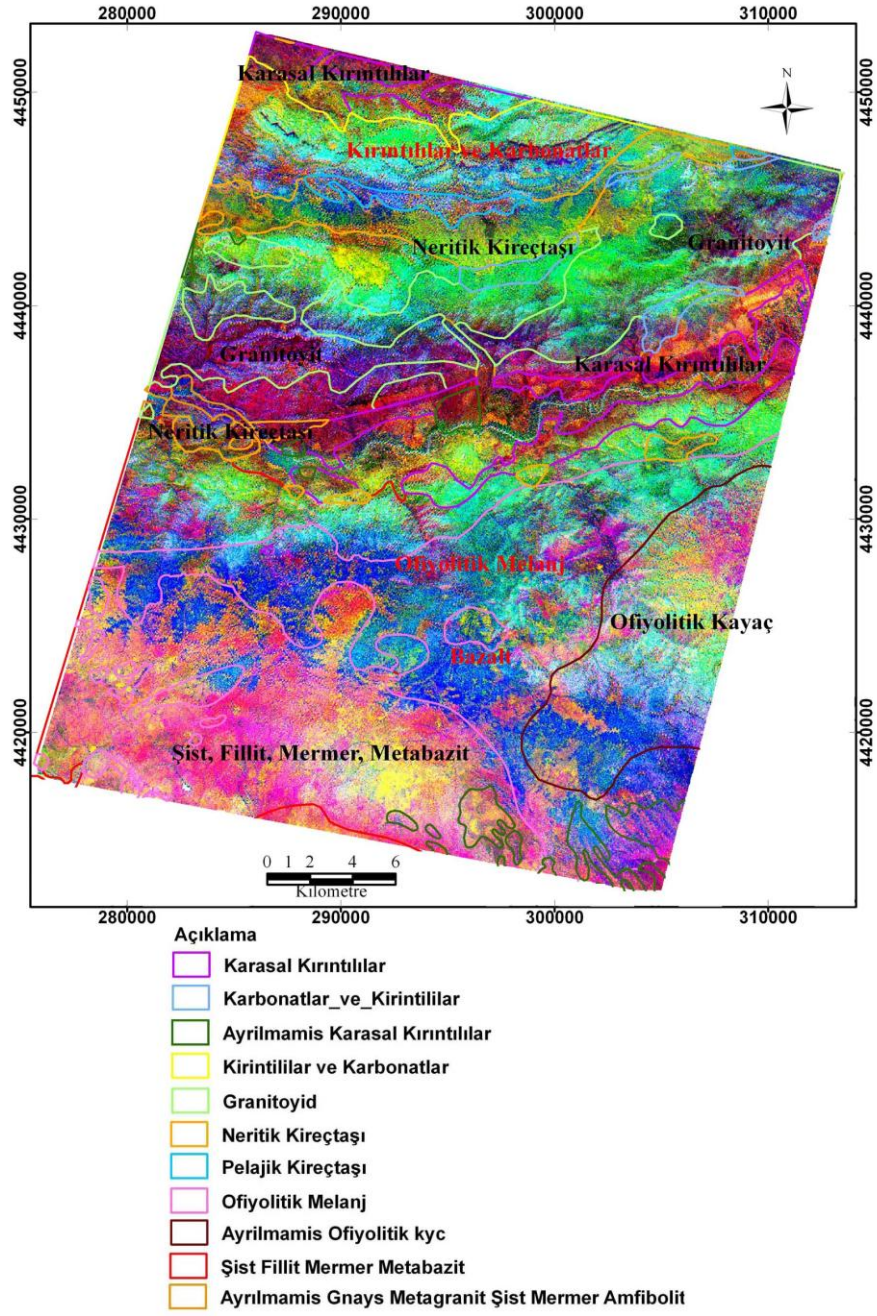
8.2.2.4. Bant Orantılama Görüntüleri

759 numaralı alana ait VNIR, SWIR ve TIR ASTER görüntülerine Bant orantılama tekniği denenmiştir. Yalnız SWIR'a ait bantlardan Bant 4, 5, 6, 7 ve Bant 9 kullanılmıştır. Bölgede bulunan metamorfik, ofiyolitik kayalar ve bitkiler için Bant 4, 5 ve Bant 6 tercih edilmiştir. Bitkiler koyu renkte, çeşitli metamorfik birimler ise, parlak renkte gözükmetedir. Bölgede bulunan derinlik ve volkanik kayalar Bant 7'de belirgin olarak görülmektedir. Kırıntılı sedimanter kayalar için ise Bant 9 seçilmiştir.

Bant 6/Bant 4 oranı Şekil 8.55a'da görülmektedir. Görüntüde şistler, ofiyolitik ve kırıntılı sedimanter kayalar açık renkte, bitkilerin bulunduğu bölgeler siyah renkte görülmektedir. Bant 9/Bant 5'te (Şekil 8.55b), granitoyit, peridotit, bazı metamorfik kayalar ve kırıntılı sedimanter kayalar koyu renkte görülmektedir. Bant 5/Bant 7'de ise, özellikle derinlik ve volkanik kayaları ortaya çıkarılmıştır (Şekil 8.55c). Bant orantılama görüntüleri RGB: 6/4,9/5,5/7 Şekil 8.56'da görülmektedir.



Şekil 8.55. ASTER 759 Bant orantılama görüntüleri 6/4, 9/5, 5/7



Şekil 8.56. ASTER 759 Bant orantılama görüntüsü RGB: 6/4,9/5,5/7

759 numaralı çalışma alanı içinde bulunan litolojik birimlere göre, belirlenmiş en uygun iyileştirilmiş görüntüler çizelge 8.15'te görülmektedir. Bölgede bulunan kayalara uygulanan tekniklerin puanlama esasına göre değerlendirilmesi Çizelge 8.16'da görülmektedir.

Çizelge 8.15. ASTER 759, kayaç türlerine göre uygulanan teknikler

| Çalışılan Alandaki Kayaçlar | | Temel Bileşen Görüntüleri (RGB) | Crosta Tekniği (RGB) | Dekorelasyon Gerilmesi (RGB) | Bant Orantılama (RGB) |
|--|---------------------|--|---|------------------------------|-----------------------------|
| Metamorfik Kayaçlar | Şist, Fillit Mermer | PC1,PC5,PC6 PC2,PC5,PC4 PC2,PC6,PC9 PC7,PC5,PC4 PC7,PC6,PC9 PC8,PC3,PC6 | PC3 (Bant1-2-3-4) PC3 (Bant1-2-6-8) PC4 (Bant2-5-7-9) | DC5,DC8,DC3 DC4,DC1,DC9 | 6/4,9/5,5/7 4/6,14/6,5/1 |
| | Metakumtaşı | PC1,PC5,PC6 PC8,PC3,PC6 | | | |
| | Gnays, Amfibolit | | | | |
| | Metakonglomera | PC1,PC5,PC6 PC2,PC6,PC9 PC8,PC3,PC6 | PC3 (Bant1-2-3-4) PC3 (Bant1-2-6-8) PC4 (Bant2-5-7-9) | | |
| Ofiyolitik Kayaçlar | Dünit, Harzburjit | PC1,PC5,PC6 PC2,PC5,PC4 PC7,PC5,PC4 | PC3 (Bant1-2-3-4) PC3 (Bant1-2-6-8) PC4 (Bant2-5-7-9) | DC5,DC8,DC3 | |
| | Ofiyolitik Melanj | PC7,PC5,PC4 PC7,PC6,PC9 PC7,PC9,PC4 | PC3 (Bant1-2-3-4) PC3 (Bant1-2-6-8) PC4 (Bant2-5-7-9) | DC4,DC1,DC9 | |
| Kalkoalkalen Granitik Kayaç | | PC6,PC5,PC2 | | | |
| Granitoyit (?) | | PC2,PC5,PC4 | | DC5,DC8,DC3 DC4,DC1,DC9 | |
| Andezit | | PC6,PC5,PC2 | | DC4,DC1,DC9 | |
| Bazalt | | PC1,PC5,PC6 PC2,PC5,PC4 PC2,PC6,PC9 PC7,PC5,PC4 | | DC4,DC1,DC9 | 6/4,9/5,5/7 |
| Kırıntılılar ve Karbonatlar | | PC2,PC5,PC4 PC2,PC6,PC4 | | | |
| Karasal Kırıntılılar (Çamurtaşı, Kumtaşı, kiltası) | | PC2,PC5,PC4 PC2,PC6,PC4 PC6,PC5,PC2 PC7,PC5,PC4 | PC3 (Bant1-2-3-4) PC3 (Bant1-2-6-8) PC4 (Bant2-5-7-9) | | 6/4,9/5,5/7 4/6,14/6,5/1 |
| Neritik Kireçtaşları | | PC2,PC5,PC4 PC2,PC6,PC4 PC3,PC8,PC2 | PC3 (Bant1-2-3-4) PC3 (Bant1-2-6-8) PC4 (Bant2-5-7-9) | DC4,DC1,DC9 | 6/4,9/5,5/7 4/6,14/6,5/1 |
| Bitki indeksi (İğne yapraklı ve geniş yapraklı) | | PC2,PC5,PC4 | | | 4/6,14/6,5/1 |

Çizelge 8.16. ASTER 759, kayaç türlerine uygulanan tekniklerin puanlama esasına göre değerlendirmesi

| Çalışılan Alandaki Kayaçlar | | Temel Bileşen Görüntüleri (RGB) | Crosta Tekniği (RGB) | Dekorelasyon Gerilmesi (RGB) | Bant Orantılama (RGB) |
|--|---------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|
| Metamorfik Kayaçlar | Şist, Fillit Mermer | **** | ***** | **** | **** |
| | Metakumtaşı | *** | * | ** | ** |
| | Gnays, Amfibolit | * | *** | ** | * |
| | Metakonglomera | **** | **** | *** | * |
| Ofiyolitik Kayaçlar | Dünit, Harzburjit | **** | ***** | *** | ** |
| | Ofiyolitik Melanj | **** | ***** | *** | ** |
| Kalkoalkalen Granitik Kayaç | | **** | ** | *** | ***** |
| Granitoyit | | ***** | *** | ***** | ***** |
| Andezit | | *** | * | * | * |
| Bazalt | | **** | **** | *** | **** |
| Kırıntılılar ve Karbonatlar | | **** | *** | *** | **** |
| Karasal Kırıntılılar (Çamurtaşı, Kumtaşı, kiltası) | | **** | ***** | ** | **** |
| Neritik Kireçtaşları | | ***** | **** | ** | **** |
| Bitki indeksi (İğne yapraklı ve geniş yapraklı) | | *** | ** | *** | *** |

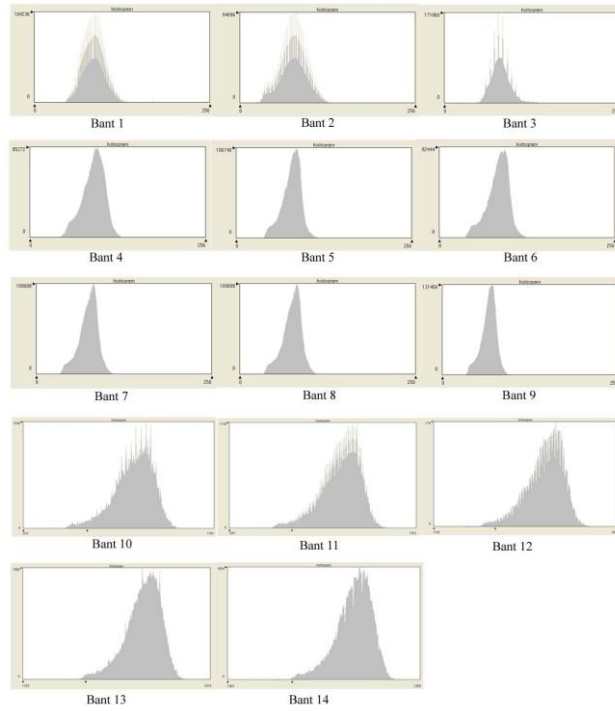
8.2.3. 566 Numaralı ASTER Görüntüsü

Çalışılan son bölge, Eskişehir yerleşim yerini içine alan 566 numaralı ASTER uydu görüntüsüdür. 566 numaralı alan sedimanter ve volkanik kayaçların yoğunlukta olduğu bir bölgedir. Eskişehir yerleşim yerinin kuzeyinde bulunan Paleozoyik yaşlı şistler bölgenin en yaşlı kayaçlarını oluşturmaktadır. Bu birimin üzerine, Eskişehir yerleşim yerinin batısında ve güneydoğusunda Kretase yaşlı ofiyolitik kayaçlar gelir. Eskişehir Odunpazarı Belediyesi yerleşim yerinin bir bölümü Paleojen yaşlı koglomera üzerine kurulmuştur. Neojen yaşlı gösel kireçtaşı, marn, şeyl ve konglomera, Eskişehir yerleşim yeri güneyinde ve Ahiler köyü civarında görülmektedir. Meşelik mevki güneyinde, Orta-Üst Miyosen yaşlı piroklastik kayaç ve Pliyosen yaşlı bazalt yer almaktadır. Pliyosen ve Pleyistosen yaşlı kil, kum, çakıldan oluşmuş eski alüvyon, Eskişehir yerleşim yerinin batısındadır. Çalışılan alanın büyük bölümü, Eskişehir yerleşim yerinin bulunduğu Kuvaterner yaşlı ayırık kil, kum, ve çakıldan oluşmuş yeni alüvyondan oluşur.

Sedimanter birimlerin çoğunlukla açık renkli minerallerden meydana gelmesi, bantların parlaklık değerlerinin yüksek olarak görünmesine neden olmuştur. 566 numaralı alana ait bantların istatistiksel değerleri Çizelge 8.17’de görülmektedir. ASTER VNIR ve SWIR’a ait bantların histogramları Şekil 8.57’de verilmiştir.

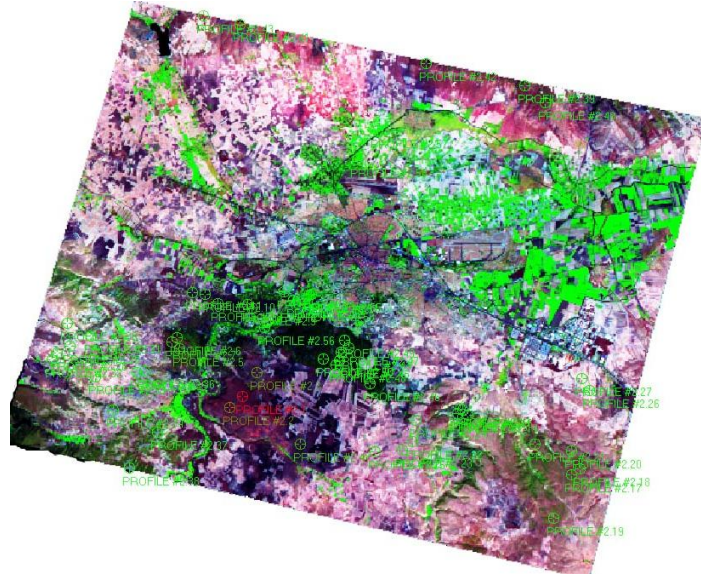
Çizelge 8.17. ASTER 566 VNIR, SWIR ve TIR bantlarının parlaklık değerlerinin istatistiksel sonuçları

| | En Küçük | En Büyük | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma |
|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|
| Bant 1 | 37 | 172 | 85.836 | 16.9 |
| Bant 2 | 18 | 180 | 77.135 | 19.892 |
| Bant 3 | 17 | 219 | 81.343 | 14.634 |
| Bant 4 | 19 | 251 | 91.242 | 16.255 |
| Bant 5 | 27 | 205 | 79.644 | 13.766 |
| Bant 6 | 23 | 255 | 84.512 | 16.067 |
| Bant 7 | 22 | 251 | 74.991 | 13.943 |
| Bant 8 | 21 | 255 | 72.88 | 14.568 |
| Bant 9 | 29 | 193 | 66.699 | 11.104 |
| Bant 10 | 974 | 1781 | 1437.298 | 84.498 |
| Bant 11 | 1051 | 1923 | 1565.377 | 93.141 |
| Bant 12 | 1102 | 2056 | 1675.283 | 98.049 |
| Bant 13 | 1293 | 2328 | 1952.302 | 99.511 |
| Bant 14 | 1364 | 2365 | 2016.34 | 94.411 |

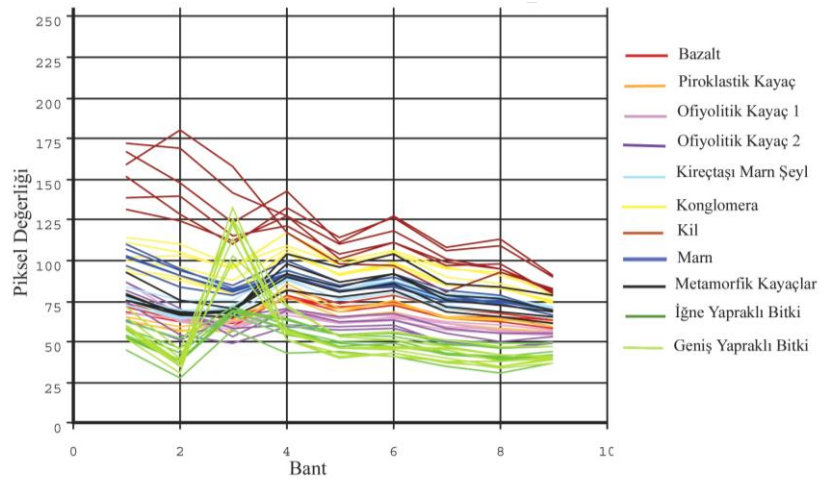


Şekil 8.57. ASTER 566 VNIR ve SWIR bantlarına ait histogram eğrileri

Çalışılan alanın VNIR ve SWIR görüntüleri üzerinden kayaçların spektral imzaları toplanmıştır (Şekil 8. 58). 566 numaralı alanda bulunan kayaçların her bir bantta gösterdikleri spektral davranışlar Şekil 8. 59’da görülmektedir. Killi sedimanter birimler, içerdikleri su miktarına bağlı olarak SWIR 2.1-2.4 μm spektrum aralığında düşük yansımaya özelliği gösterirler. Ayrıca, demir iyonuna bağlı olarak killi birimler, elektromanyetik spektrumun VNIR bölgesinde de düşük yansımaya özelliğine sahiptirler.



Şekil 8.58. ASTER 566 VNIR ve SWIR görüntülerinden toplanan spektral eğri noktaları



Şekil 8.59. ASTER 566 VNIR ve SWIR görüntülerindeki kayaçların spektral eğrileri

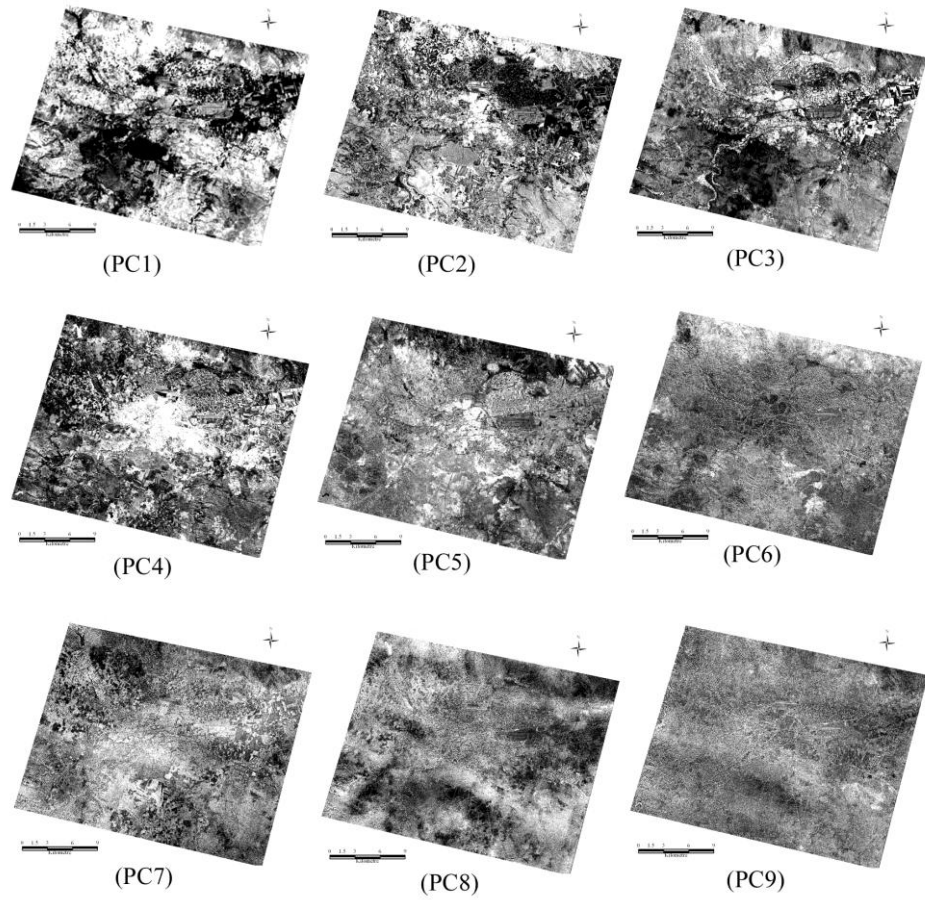
8.2.3.1. Temel Bileşenler Analizi Görüntüleri

566 numaralı alana ait ASTER'in TIR 5 bandına temel bileşenler analizi uygulanmıştır. Ancak, TIR'in 5 bandına uygulanan temel bileşen görüntülerinden, bölgedeki karbonatlı ve silisli kayalar ayırt edilememiştir ve bu nedenle kullanılmamıştır.

VNIR ve SWIR'in 9 bandına temel bileşen analizi uygulanmıştır. Elde edilen temel bileşen görüntülerine ait eigenvektör istatistik değerleri Çizelge 8.18'de verilmiştir. VNIR ve SWIR'a ait temel bileşen görüntüleri Şekil 8.60'da görülmektedir.

Çizelge 8.18. ASTER 566 VNIR ve SWIR bantlarının eigenvektör değerleri

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 | PC7 | PC8 | PC9 |
|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Bant1 | 0.3590 | -0.3898 | -0.3744 | 0.3447 | -0.6601 | -0.1509 | 0.0373 | -0.0088 | -0.0174 |
| Bant2 | 0.4405 | -0.3369 | -0.5187 | -0.1677 | 0.6030 | 0.1719 | -0.0349 | 0.0121 | 0.0253 |
| Bant3 | 0.1038 | -0.7020 | 0.6799 | 0.1146 | 0.1308 | 0.0606 | -0.0063 | 0.0146 | 0.0010 |
| Bant4 | 0.3780 | 0.0179 | 0.1721 | -0.7926 | -0.2281 | -0.3820 | 0.0049 | 0.0051 | -0.0308 |
| Bant5 | 0.3203 | 0.2037 | 0.1416 | 0.0240 | -0.1503 | 0.4373 | -0.7569 | -0.0478 | -0.2150 |
| Bant6 | 0.3752 | 0.2331 | 0.1665 | -0.0244 | -0.1434 | 0.6021 | 0.6263 | 0.0353 | -0.0013 |
| Bant7 | 0.3232 | 0.2208 | 0.1466 | 0.2223 | 0.1067 | -0.1922 | -0.0679 | -0.4906 | 0.6945 |
| Bant8 | 0.3341 | 0.2440 | 0.1361 | 0.3412 | 0.2597 | -0.4090 | 0.1476 | -0.1796 | -0.6365 |
| Bant9 | 0.2529 | 0.1934 | 0.1051 | 0.2115 | 0.0976 | -0.2004 | -0.0756 | 0.8503 | 0.2538 |

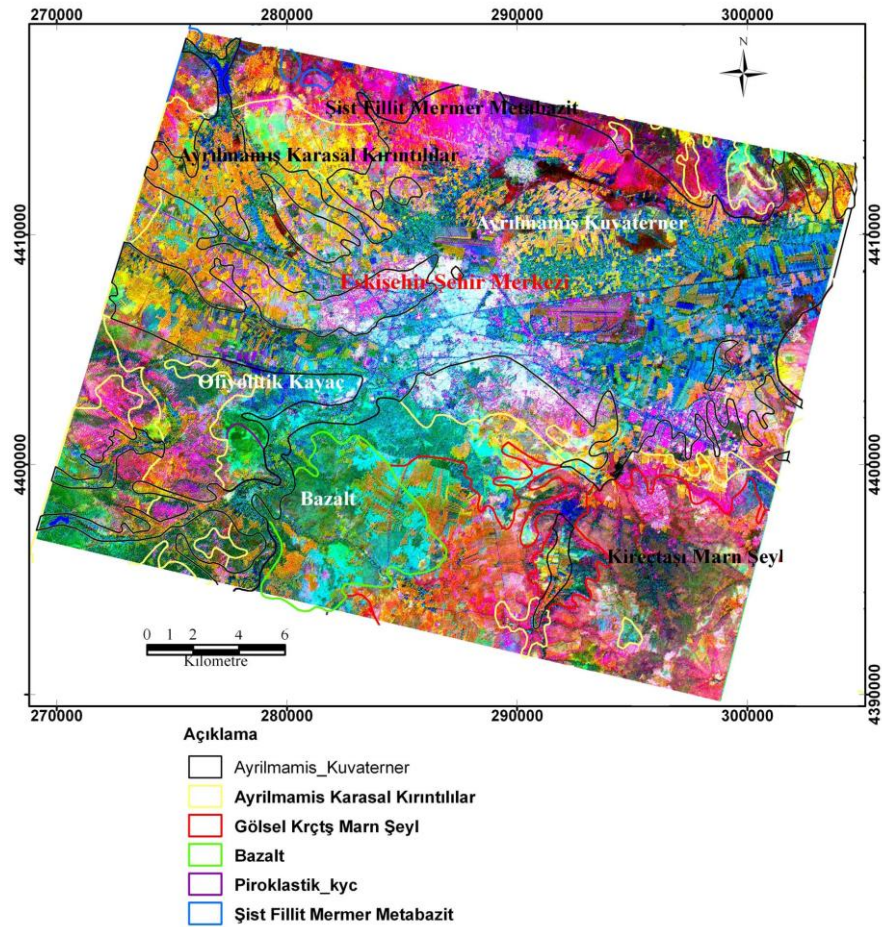


Şekil 8.60. ASTER 566 VNIR ve SWIR 9 temel bileşen görüntüleri

Bazalt kayacı, koyu renkli mineral içeriği nedeniyle VNIR dalga boyu aralığında düşük yansıma göstermektedir. Sedimanter kayaçlar ise özellikle 1.6-1.7 μm dalga boyu aralığında yüksek yansıma özelliğine sahiptir. Bu nedenle Bant 4 oldukça kullanışlı bir banttir. Sedimanter kayaçlardaki kil miktarının artması nedeniyle daha uzun dalga boyuna doğru yansıması değerleri azalmaktadır.

Temel bileşen görüntülerinden seçilen ilk görüntüler PC1, PC5 ve PC4'tir (Şekil 8.61). PC1, artı değerlikli olarak tüm bantlardan veri alır ancak, yüksek yansıma özelliğine sahiptir ve içinde veri tekrarı çoktur. Bu sebeplerle genellikle uzaktan algılamanın jeolojiye uygulamalarında tercih edilmez. Fakat bu görüntü için PC1 uygun görülmüştür. PC4'ün, eksi en yüksek eigenvektör değeri Bant 4, artı en yüksek eigenvektör değeri Bant 1 ve Bant 8'dir (Çizelge 8.18). PC5 temel bileşen görüntüsünde ise özellikle artı ve eksi değerde Bant 1 ve Bant 2'dir.

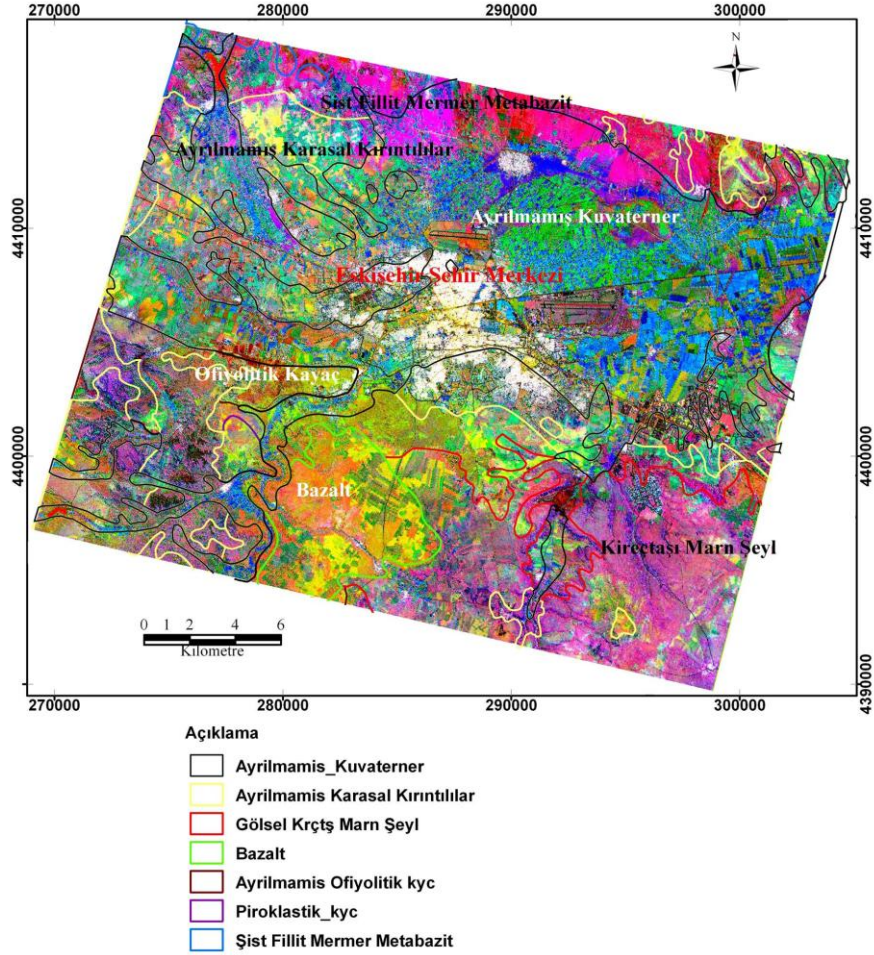
Görüntü üzerinde bazalt açık mavi renkte görülmektedir. Eskişehir'in eski alüvyonu (1/500.000 ölçekli haritada ayrılmamış karasal kıvrıntılılar) olarak tanımlanan konglomera, kumtaşı ve kumdan oluşan birim, açık yeşil ve sarı renklerde görülmektedir. Killi ve karbonatlı birimler pembe renklerde görülmektedir. Metamorfik kayalar, bordo renklerde. Demir iyonu içeren bölgedeki ofiyolitik seriler koyu mavi renklerde görülmektedir.



Şekil 8.61. ASTER 566 temel bileşen görüntüsü RGB: PC1,PC5,PC4

Bir diğer kombinasyon ise RGB: PC2,PC5,PC3 temel bileşen görüntüleridir (Şekil 8.62). PC2 değerlikte Bant 3'ten veri aldığı için geniş yapraklı bitkiler koyu renktedir. Bu renkli görüntüde Eskişehir yerleşim yerindeki binalar beyaz renkte oldukça iyi tanınabilmektedir. Bazalt açık sarı ve turuncu renklerde görülmektedir. Konglomera, kumtaşı açık sarı renklerde, kil, marn ve

kireçtaşları pembe koyu mavi renklerde görülmektedir. Bölgedeki demir mineralli kayalar ise koyu kırmızı renklindedir.



Şekil 8.62. ASTER 566 temel bileşen görüntüsü RGB: PC2,PC5,PC3

8.2.3.2. Crosta Tekniği Görüntüleri

Crosta tekniği 566 numaralı ASTER görüntülerine uygulanmıştır. Bu alana uygulanan Crosta tekniği için iki grup seçilmiştir.

Temel bileşenler analizi uygulanacak iki grup için belirlenen bantlar;

- Birinci grup: Bant 1, 3, 6 ve Bant 7
- İkinci grup: Bant 1, 2, 4 ve Bant 8

İlk gruptaki bantlar Bant 1, 3, 6 ve Bant 7'dir. Bu bantlar ile koyu renkli mineralleri içeren jeolojik birimlerin ortaya çıkarılacaktır. Bant 1 peridotit, gabro gibi demir içerikli kayaların düşük yansımaya gösterdiği, Bant 3 ise yüksek yansımaya gösterdiği bantlardır. Gabronun uzun dalga boyunda gösterdiği yansımaya özelliği nedeniyle Bant 6 ve 7 seçilmiştir. Bazaltlar koyu renkli mineral içeriği nedeniyle ofiyolitik kayalarla benzer spektral özelliğe sahiptirler. Bazaltlar, VNIR bölgede düşük yansımaya özelliğine sahiptirler. Dört banda temel bileşenler analizi uygulanmıştır. Temel bileşen görüntülerinin eigenvektör sonuçları Çizelge 8.19'da verilmiştir. Bant 1 ve Bant 3'ün artı ve eksi en yüksek eigenvektör değerliğine sahip olduğu PC3 seçilmiştir (Şekil 8.63a). PC3, en yüksek eksi eigenvektör değerlikte Bant 1'dir. Görüntüde koyu renkli yerler demir minerali içeren birimleri göstermektedir.

Çizelge 8.19. ASTER 566 Bant 1, 3, 6 ve Bant 7 ait eigenvektör değerleri

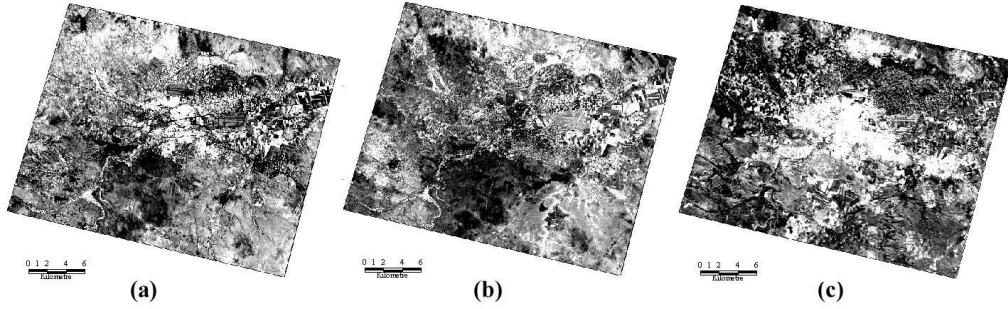
| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|---------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Bant 1 | 0.594766065 | 0.229533148 | -0.77042498 | 0.003634926 |
| Bant 3 | 0.218252372 | 0.876212722 | 0.429582055 | 0.008742205 |
| Bant 6 | 0.586674188 | -0.314222882 | 0.356199767 | -0.65589565 |
| Bant 7 | 0.504413152 | -0.284305787 | 0.308263417 | 0.754792195 |

İkinci grupta belirlenen ASTER uydu görüntüleri Bant 1, 2, 4 ve Bant 8'dir. Bu gruptaki bantlar ile bölgedeki sedimanter birimler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Sedimanter birimler, Bant 4'te yüksek yansımaya gösterirler. Düşük yansımaya gösterdikleri aralık ise, su ve demir içeriklerine bağlı olarak SWIR'ın uzun dalga boyu ve VNIR'dır. Bu nedenle, Bant 1, 2 ve Bant 8 tercih edilmiştir. Belirlenen bu dört banda temel bileşenler analizi uygulanmıştır. Elde edilen eigenvektör değerleri Çizelge 8.20'de görülmektedir. Bant 4 ve Bant 8'in en yüksek artı ve eksi eigenvektör değerliğine sahip olduğu PC3 temel bileşen görüntüsü seçilmiştir (Şekil 8.63c).

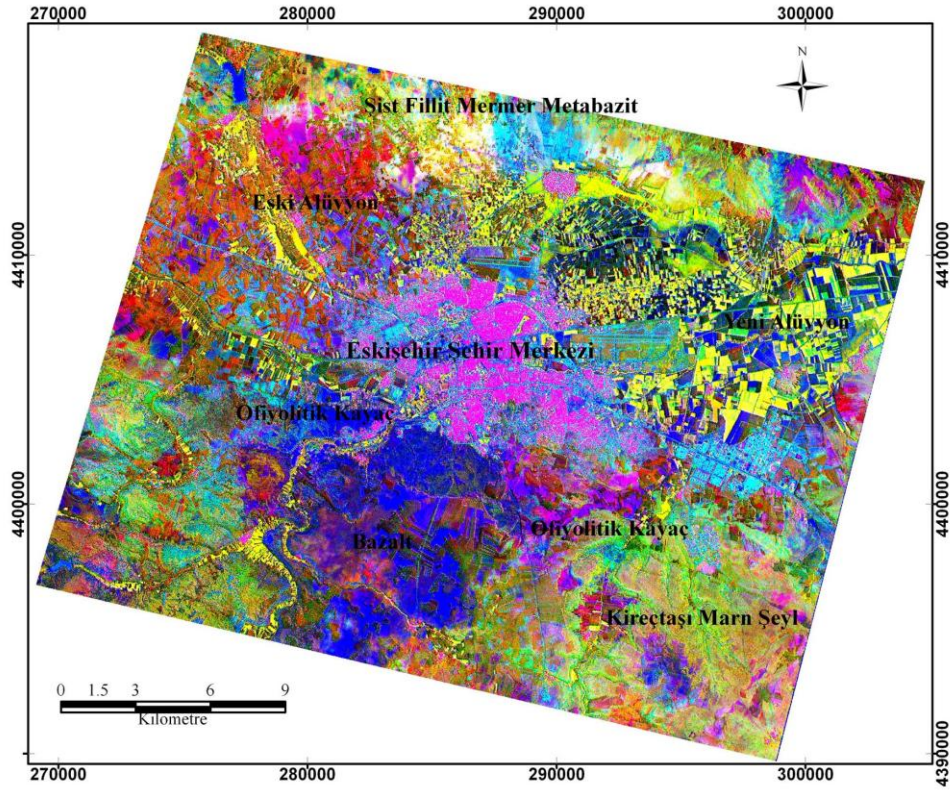
Çizelge 8.20. ASTER 566 Bant 1, 2, 4 ve Bant 8 ait eigenvektör değerleri

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Bant 1 | 0.500532625 | -0.473657748 | 0.220395774 | -0.690319587 |
| Bant 2 | 0.608409724 | -0.390421572 | -0.066750028 | 0.687715812 |
| Bant 4 | 0.472622357 | 0.481560751 | -0.706558326 | -0.213313578 |
| Bant 8 | 0.394883282 | 0.625554615 | 0.669137855 | 0.070732936 |

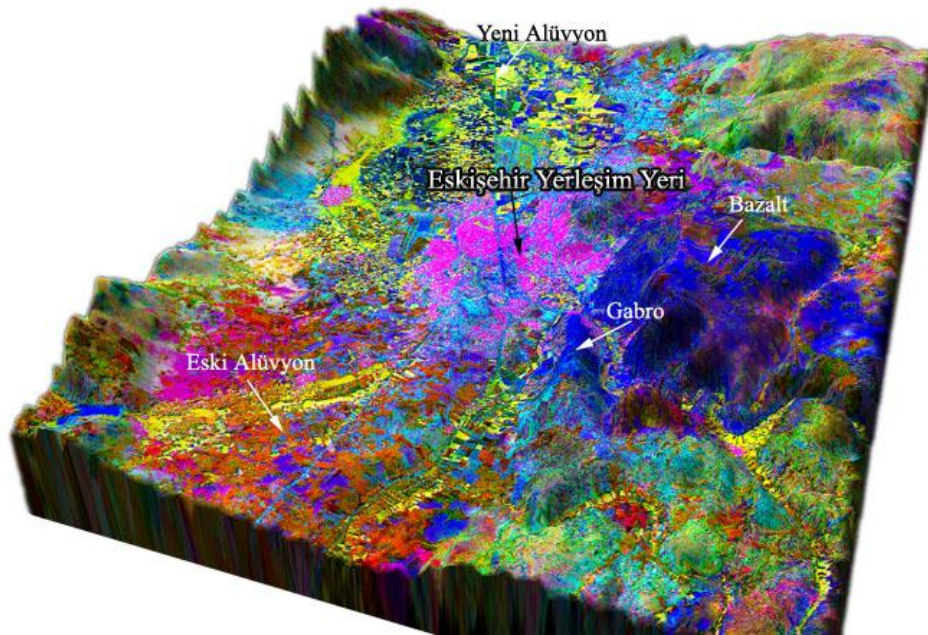
Crosta tekniğinin son basamağında, iki gruptan seçilen temel bileşen görüntülerine temel bileşen analizi uygulanarak yeni bir görüntü elde edilmiştir (Şekil 8.61b). Bu üç görüntü Şekil 8.64'te görülmektedir. Crosta tekniği ile elde edilen görüntü SAM üzerine oturtulmuştur (Şekil 8.65). Topografyaya bağlı olarak litolojik birimlerin sınırları görülmektedir.



Şekil 8.63. ASTER 566 (a) PC3 (Bant 1-3-6-7), (b) PC1, (c) PC3 (Bant 1-2-4-8)



Şekil 8.64. ASTER 566 Crosta tekniği görüntüsü RGB: PC3 (Bant 1-3-6-7),PC1,PC3 (Bant 1-2-4-8)



Şekil 8.65. ASTER 566 SAM üzerine oturtulmuş Crosta tekniği görüntüsü

Crosta tekniği görüntüsünde, Eskişehir yerleşim yerindeki yapılar pembe renkte görülmektedir. Bant 2 ve Bant 3 kullanıldığı için bitkiler bu görüntüde ortaya çıkmıştır. Geniş yapraklı bitkiler sarı renkte, iğne yapraklı bitkiler (çamlar) koyu mavi renkte görülmektedir. İğne yapraklı bitkilerin parlaklık değerleri çok düşüktür. Bu bitkiler, bazalt ve gabrolarla yakın parlaklık değerliğine sahiptir. Bu nedenle birbirlerinden ayrılmaları temel bileşen analizinde ve Crosta tekniğinde oldukça güç olmuştur. Eskişehir yerleşim yeri güneyinde yer alan bazalt ve batısında bulunan gabro mavi renklere görülmektedir. Neojen yaşlı kil ve marn açık yeşil renklere görülmektedir. Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar (şist, yeşilşist, metakonglomera, metakumtaşı, serpantinitvb.) yeşil, turkuvaz, krem ve koyu pembe renklere sahiptir. Bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarında Neojen yaşlı kumtaşı konglomera ve Pleistosen yaşlı eski alüvyon (kil, kumtaşı, çakıltası) olarak geçen birimler aynı spektral özellik gösterip pembe-kırmızı renklere sahiptir. Kuvaterner (Holosen) yaşlı kil, kum, çakıldan oluşan yeni alüvyon ise koyu mavi tonda görülmektedir. Bazaltlar ve ofiyolitik kayalarla benzer renkte olması, yeni alüvyon malzemesini oluşturan birimlerin demir iyonunu ve/veya minerallerini içermesinden kaynaklanabilir.

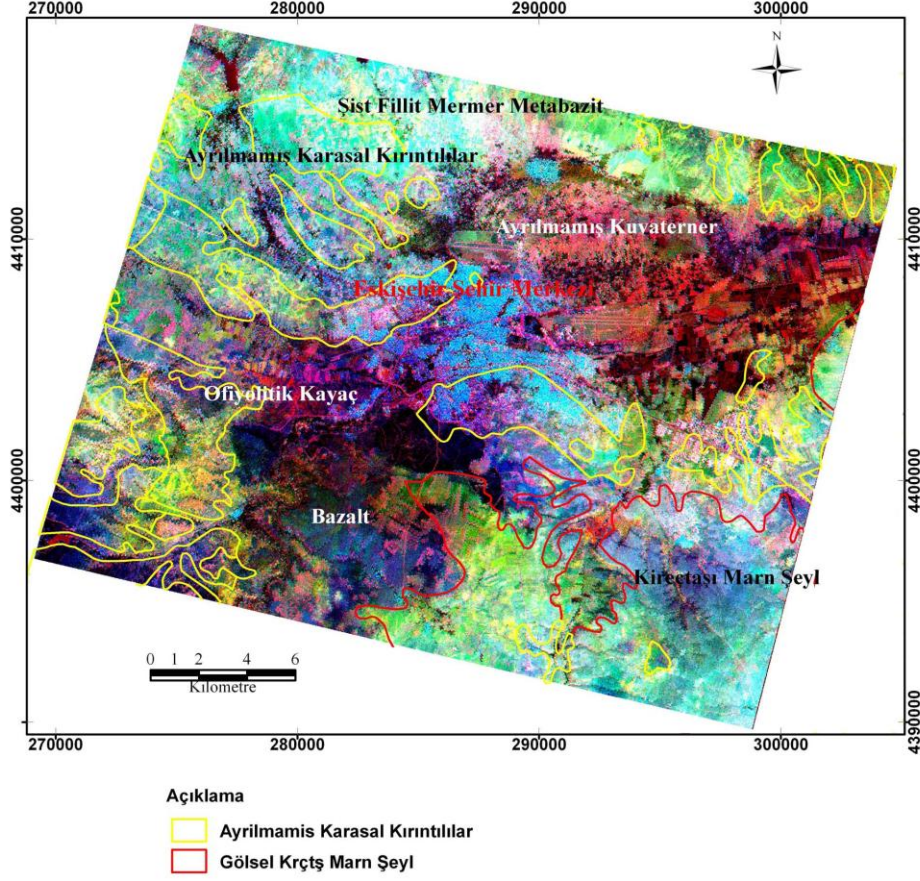
8.2.3.3. Dekorelasyon Gerilmesi Görüntüleri

Dekorelasyon gerilmesi tekniği ile bazalt ve ofiyolitik kayaların birbirinden ayrılması sağlanmıştır. Aynı zamanda bazalt içindeki mineral farklılaşması da dekorelasyon gerilmesi analizi ile ortaya çıkarılmıştır.

Dekorelasyon gerilmesi 566 numaralı ASTER uydusunun VNIR, SWIR ve TIR görüntülerine uygulanmıştır. Termal dalga boyu aralığında 5 banttan elde edilen dekorelasyon gerilmesi görüntülerinde litolojik birimlerle ilgili istenilen sonuca ulaşamamıştır. Bu nedenle TIR görüntüleri bu analiz için de kullanılmamıştır.

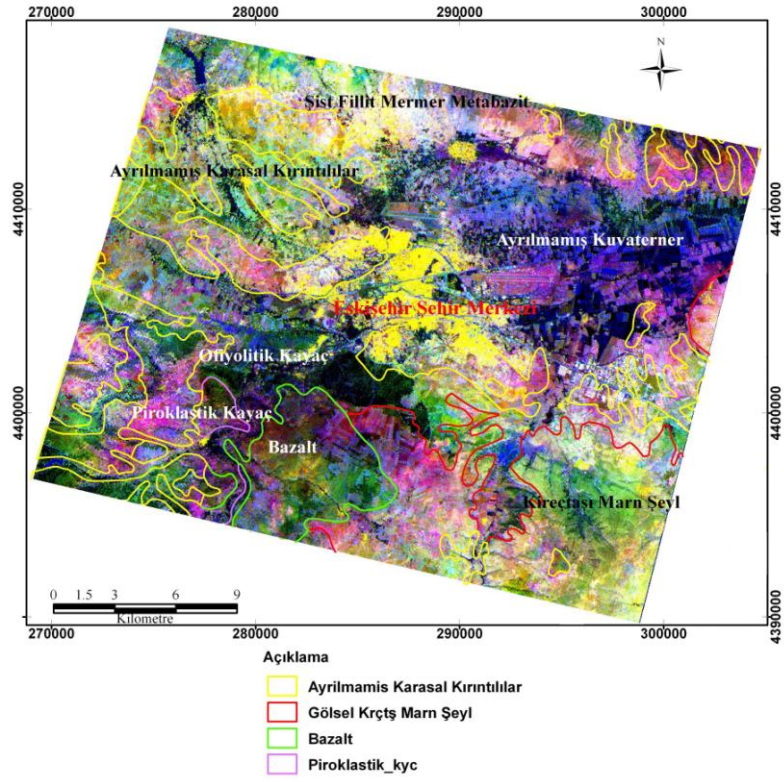
İlk görüntü, DC1, DC5 ve DC9 numaralı dekorelasyon gerilmesi görüntüleridir (Şekil 8.66). Demir minerali içeren birimler (bazalt, gabro, peridotit ve demir minerali içeren sedimanlar) görüntüde kırmızı renkte görülmektedir.

Şehir merkezi açık mavi renktedir. Bölgedeki kumtaşı, kıltaşı, marn ve kireçtaşı birimleri turkuvaz, sarı ve pembe renklerde görülmektedir.

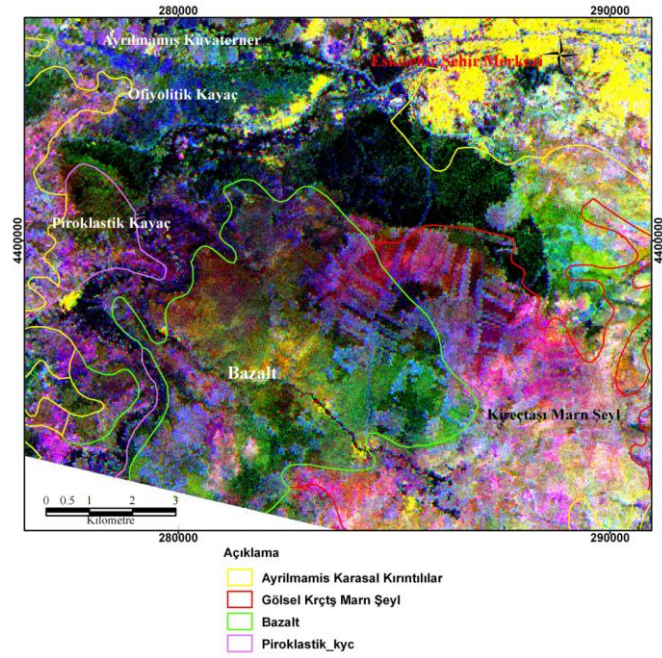


Şekil 8.66. ASTER 566 dekorelasyon gerilmesi görüntüsü RGB: DC1,DC5,DC9

Bir diğer dekorelasyon gerilmesi görüntüleri ise, DC7, DC9 ve DC1'dir (Şekil 8.67). Bir önceki dekorelasyon gerilmesi analizi sonucu elde edilen üçlü görüntüye benzemekle beraber DC7,DC9,DC1 görüntüsünde bazalt volkanik kayacı içindeki renk ayrımı göze çarpmaktadır. Bu görüntüde bazalt, ofiyolitik kayalardan farklı renkte görülmektedir (Şekil 8.68). Crosta tekniğinde bu başarısızdır. Gabro ve peridotit mavi renklerde görünürken bazalt, sarı, yeşil, pembe ve kırmızı olmak üzere dört farklı renklerde görünmektedir. Piroklastik kayalar ise kahverengi yeşil tonlarda görünmektedir.



Şekil 8.67. ASTER 566 dekorelasyon gerilmesi görüntüsü RGB: DC7,DC9,DC1



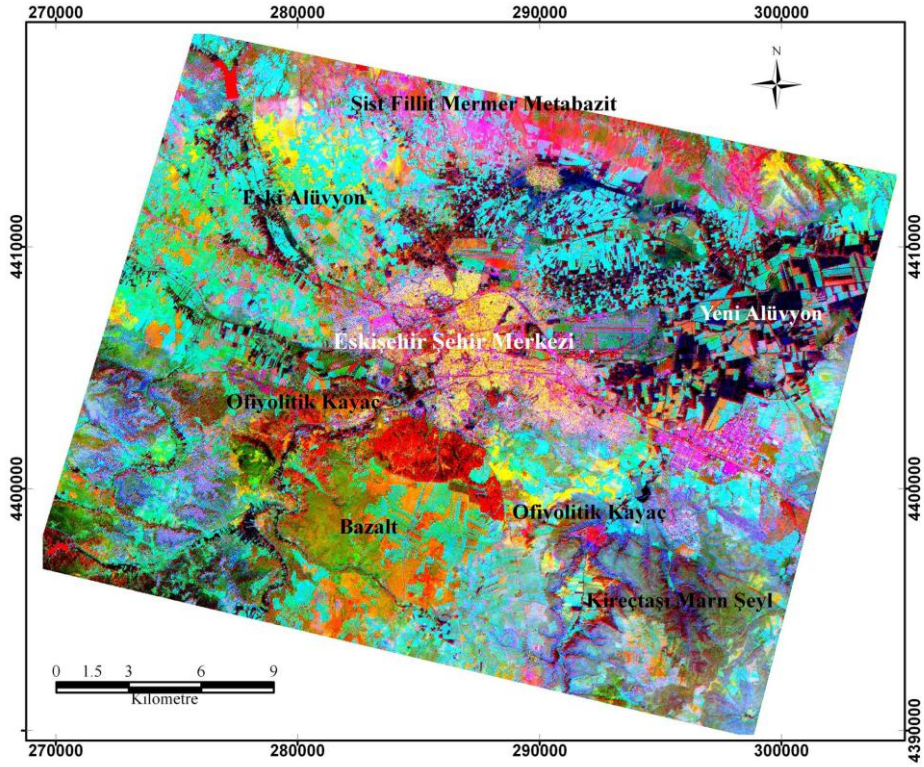
Şekil 8.68. ASTER 566 bazalt volkanik kayacı, dekorelasyon gerilmesi görüntüsü RGB: DC7,DC9,DC1

8.2.3.4. Bant Orantılama Görüntüleri

566 numaralı ASTER görüntüsüne uygulanan son görüntü zenginleştirme tekniği Bant orantılamasıdır. Bölgede sedimanter kayaçlar çoğunluktadır. Bantların birbirine bölünmesi olarak tanımlanan Bant orantılama ile sedimanter kayaçların birbirinden ayrılması oldukça zordur. Demir içerikli kırıntılı sedimanter kayaçlar için VNIR dalga boyu aralığındaki Bant 1 ve Bant 2 kullanılmıştır. Ayrıca bazalt ve ofiyolitik kayaçlar için de Bant 1 ve Bant 2 kullanılmıştır. Sedimanter kayaçlar ise çoğunlukla SWIR spektral bölgededir. Karbonatlı kayaçlar ise termal (TIR) dalga boyu aralığında spektral özelliğe sahiptir. Uygulanan diğer tekniklerde termal bölgede istenilen sonuçlara ulaşılamazken, Bant orantılama tekniğinde termal bölgede daha iyi sonuçlar alınmıştır.

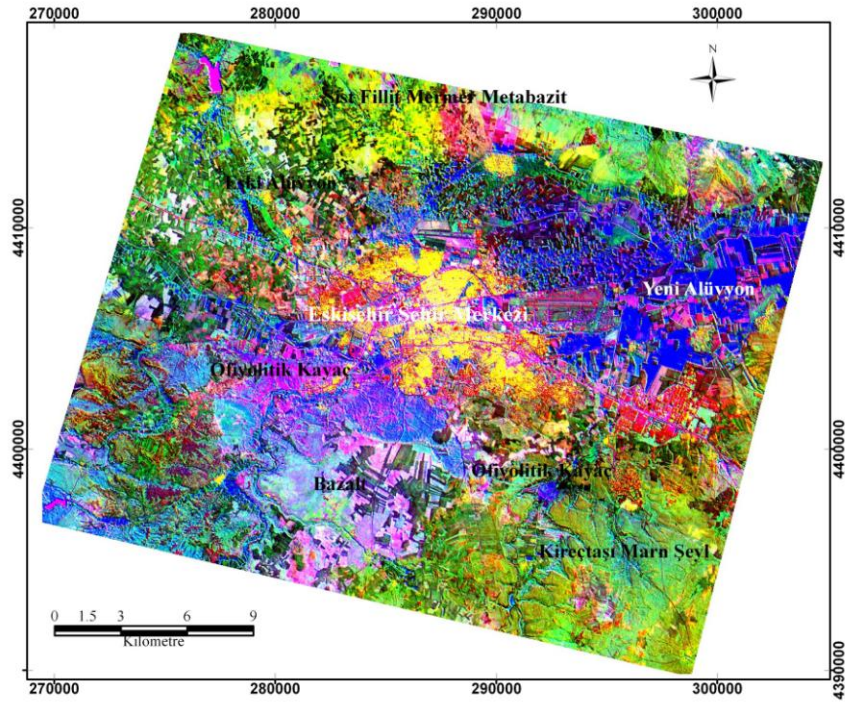
Bant orantılama tekniğinde Bant 1, 2, 4, 5 ve Bant 14 kullanılmıştır. Demir mineralleri içeren kayaçlar için Bant 2/Bant 1 uygulanmıştır. Diğer Bant çifti ise Bant 5/Bant 4'tür. Bir diğer Bant orantılama görüntüsü ise Bant 1/Bant 14'tür. Üç görüntü sırasıyla Bant 5/Bant 4 kırmızı, Bant 2/Bant 1 yeşil ve Bant 1/Bant 14 mavi renklendirmede açılmıştır (Şekil 8.69).

Eskişehir şehir merkezin güneyinde bulunan bazalt ve piroklastik kayaçlar turuncu ve yeşil renklerde görünmektedir. Bölgede bulunan iğne yapraklı ağaçlar, su ve ofiyolitik kayaçların parlaklık değerleri birbirlerine yakın olması nedeniyle tek renkte (kırmızı) görünmektedir. Geniş yapraklı bitkiler lacivert renktedir. Eski alüvyon (ayrılmamış karasal kırıntılılar) olarak tanımlanan birimdeki Neojen yaşlı konglomera, sarı renktedir. Bölgedeki killi birimler, eflatun renkte görünmektedir. Şehir merkezinde bulunan yapılar sarı renkte, Eskişehir Büyük Sanayi Bölgesindeki yapılar ise pembe renkte görünmektedir.



Şekil 8.69. ASTER 566 Bant orantılama görüntüsü RGB: 5/4,2/1,1/14

Bant aritmetiği tekniğinde bir diğer görüntüde ise Bant 1, 4, 5, 8 ve Bant 10 kullanılmıştır. Bant 5/Bant 1, Bant 8/Bant 4 ve Bant 10/Bant 4 işlemleri uygulanmıştır. Elde edilen üç görüntü Bant 8/Bant 4 kırmızıda, Bant 5/Bant 1 yeşilde ve Bant 10/Bant 4 mavi renkte açılmıştır (Şekil 8.70). Bu görüntü ile özellikle karbonatlı kayaçlar ve killi kayaçlar belirginleşmiştir.



Şekil 8.70. ASTER 566 Bant orantılama görüntüsü RGB: 8/4,5/1,10/4

Bant orantılama tekniği sınırlı bant kullanılmasına rağmen etkin bir tekniktir. Bu teknik temel bileşenler analiziyle, Crosta tekniğiyle ve dekorelasyon gerilmesi tekniğiyle elde edilemeyen bazı litolojik birimlerin veya mineral farklılaşmalarının belirlenmesinde oldukça başarılı olduğu 566 numaralı alanla bir daha görülmüştür.

Bölgedeki kayalara göre görüntü zenginleştirme tekniklerinden elde edilen Bant kombinasyonları Çizelge 8.21’de verilmiştir. ASTER 566’da bulunan kayalara uygulanan tekniklerin puanlama esasına göre değerlendirilmesi Çizelge 8.22’de verilmiştir.

Çizelge 8.21. ASTER 566'da bulunan kayaçlar ve uygulanan tekniklere göre uygun bant kombinasyonları

| Çalışılan Alandaki Kayaçlar | | Temel Bileşen Görüntüleri (RGB) | Crosta Tekniği (RGB) | Dekorelasyon Gerilmesi (RGB) | Bant Orantılaması (RGB) |
|--|--------------|---------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|
| Metamorfik Kayaçlar (Şistler, Fillit, metakonglomera) | | PC1,PC5,PC4 PC2,PC5,PC3 | PC3 (Bant 1-3-6-7) PC1 (1.PC3-2.PC3) PC3 (Bant 1-2-4-8) | | |
| Ofiyolitik Kayaç (Gabro) | | PC1,PC5,PC4 PC2,PC5,PC3 | | DC1,DC5,DC9 DC7,DC9,DC1 | 5/4,2/1,1/14 |
| Karasal Kıvrıntılılar | Kireçtaşı | PC2,PC5,PC3 | | | 8/4,5/1,10/4 |
| | Kil-Marn | PC1,PC5,PC4 PC2,PC5,PC3 | PC3 (Bant 1-3-6-7) PC1 (1.PC3-2.PC3) PC3 (Bant 1-2-4-8) | DC1,DC5,DC9 DC7,DC9,DC1 | 5/4,2/1,1/14 8/4,5/1,10/4 |
| | Konglomera | PC1,PC5,PC4 PC2,PC5,PC3 | PC3 (Bant 1-3-6-7) PC1 (1.PC3-2.PC3) PC3 (Bant 1-2-4-8) | | 5/4,2/1,1/14 8/4,5/1,10/4 |
| Bazalt | | PC1,PC5,PC4 PC2,PC5,PC3 | PC3 (Bant 1-3-6-7) PC1 (1.PC3-2.PC3) PC3 (Bant 1-2-4-8) | DC1,DC5,DC9 DC7,DC9,DC1 | 5/4,2/1,1/14 8/4,5/1,10/4 |
| Alüvyon | Yeni Alüvyon | PC1,PC5,PC4 | PC3 (Bant 1-3-6-7) PC1 (1.PC3-2.PC3) PC3 (Bant 1-2-4-8) | DC1,DC5,DC9 DC7,DC9,DC1 | 8/4,5/1,10/4 |
| | Eski Alüvyon | PC1,PC5,PC4 PC2,PC5,PC3 | PC3 (Bant 1-3-6-7) PC1 (1.PC3-2.PC3) PC3 (Bant 1-2-4-8) | | 8/4,5/1,10/4 |
| Yerleşim Yeri | | PC1,PC5,PC4 PC2,PC5,PC3 | PC3 (Bant 1-3-6-7) PC1 (1.PC3-2.PC3) PC3 (Bant 1-2-4-8) | DC1,DC5,DC9 DC7,DC9,DC1 | 8/4,5/1,10/4 |
| Bitki indeksi (İğne yapraklı ve geniş yapraklı) | | | | | 8/4,5/1,10/4 |

Çizelge 8.22. ASTER 566'da bulunan kayalara göre uygulanan tekniklerin puanlama esasına değerlendirmesi

| Çalışılan Alandaki Kayaçlar | | Temel Bileşen Görüntüleri (RGB) | Crosta Tekniği (RGB) | Dekorelasyon Gerilmesi (RGB) | Bant Orantılaması (RGB) |
|--|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|
| Metamorfik Kayaçlar | Şistler, Fillit, metakonglomera | *** | ***** | *** | *** |
| Ofiyolitik Kayaç | Gabro | ***** | **** | ***** | **** |
| Karasal Kıvrıntılılar | Kireçtaşı | ***** | **** | *** | **** |
| | Kil-Marn | *** | ***** | *** | *** |
| | Konglomera | ***** | ***** | ** | **** |
| Bazalt | | ***** | **** | ***** | **** |
| Alüvyon | Yeni Alüvyon | **** | **** | ***** | **** |
| | Eski Alüvyon | **** | **** | **** | **** |
| Yerleşim Yeri | | **** | ***** | **** | **** |
| Bitki indeksi (İğne yapraklı ve geniş yapraklı) | | * | **** | *** | *** |

8.3. Sınıflandırma Analizi

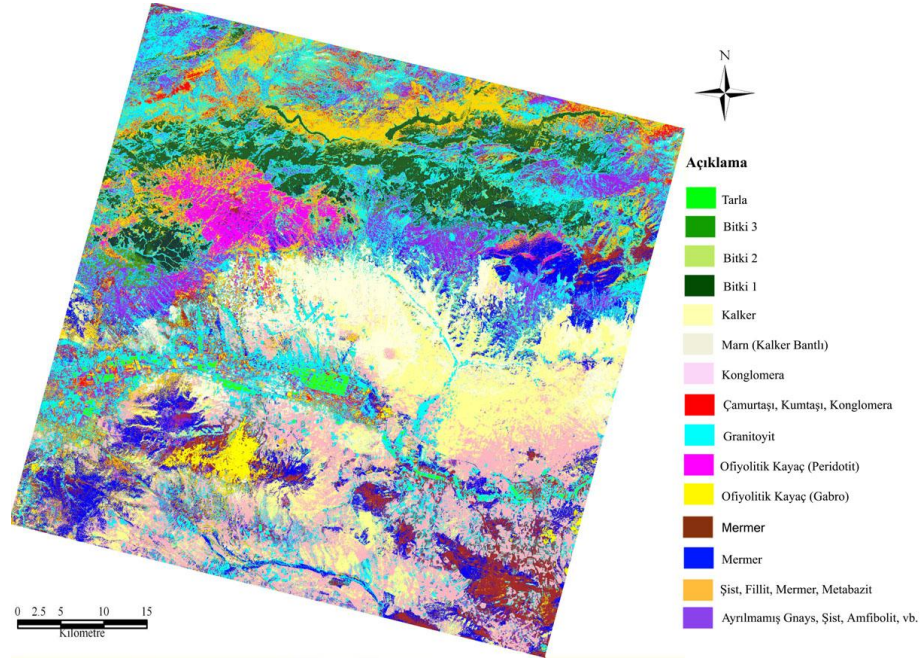
Çalışılan alanlara ait zenginleştirme teknikleri uygulanmış bütün görüntülere, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma analizleri uygulanmıştır. Kontrollü sınıflandırmada kullanılan istatistik yöntemi en yüksek olasılık yöntemidir. Sınıflandırma işlemi tamamlanmış görüntülerin doğruluk analizleri yapılmıştır.

Doğruluk analizi için görüntüler üzerine rastgele yaklaşık 200 nokta yerleştirilmiştir. 200 değeri çalışma alanındaki görüntünün satır ve sütun sayısının yaklaşık olarak %10'nu ifade etmektedir. Bu noktaların olası sınıfları tahmin edilmiştir. Daha sonra bu tahminler ile sınıflandırılmamış görüntü karşılaştırılmıştır. Sınıflandırması yapılmış bütün görüntülerin yüzde olarak toplam sınıflandırma doğruluğu ve kapa (κ) istatistik değerleri olmak üzere iki çeşit doğruluk değeri hesaplanmıştır (Çizelge 8.23, 8.24 ve Çizelge 8.25).

Çizelge 8.23. ASTER 758, sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analiz değerleri

| | Kullanılan Teknikler | Toplam Sınıflandırma Doğruluğu | Kappa (κ) İstatistik Değerleri |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Kontrollü Sınıflandırma | PC758 VNIR-SWIR | 71.58% | 0.6781 |
| | Crosta 758 | 62.98% | 0.5683 |
| | DC758 VNIR-SWIR | 74.44% | 0.7215 |
| | Bant Orantılama758 | 60.23% | 0.5589 |
| Kontrolsüz Sınıflandırma | PC758 VNIR-SWIR | 66.86% | 0.6305 |
| | Crosta 758 | 56.52% | 0.5209 |
| | DC758 VNIR-SWIR | 63.83% | 0.6013 |
| | Bant Orantılama758 | 61.17% | 0.5622 |

Doğruluk analiz çizelgesine göre 758 numaralı alan için en iyi sınıflandırılmış görüntü, kontrollü sınıflandırma analizinden elde edilen %74.44 sınıflandırma doğruluklu dekorelasyon gerilmesi görüntüsüdür (Şekil 8.71).

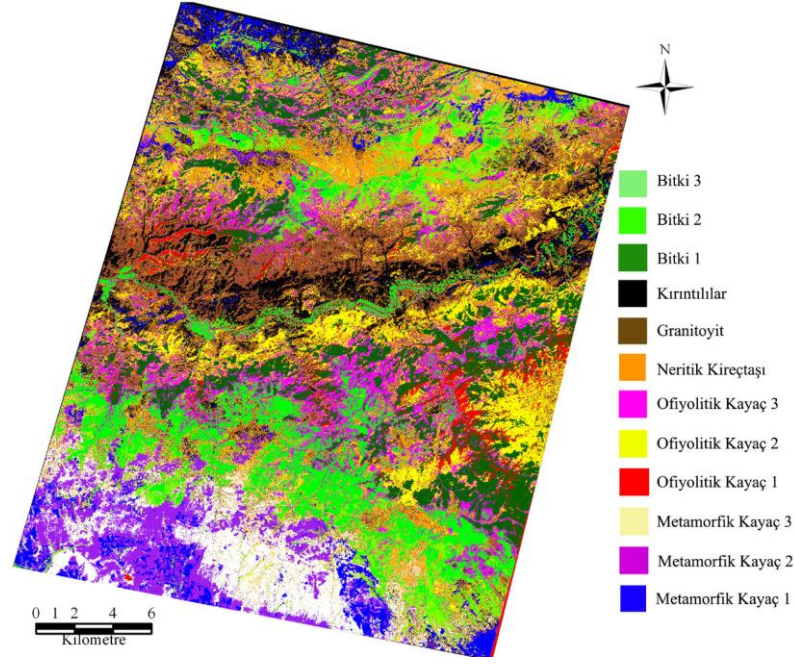


Şekil 8.71. ASTER 758 numaralı alanın sınıflandırılmış görüntüsü

759 numaralı alanın iyileştirilmiş görüntülerine kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma analizi uygulanmıştır. Sınıflandırılmış görüntülerin yüzde doğruluk ve kappa istatistik değerleri Çizelge 8.24’te verilmiştir. En yüksek doğruluğa sahip görüntü %70.88 değerle kontrolsüz sınıflandırma analizi uygulanmış dekorelasyon gerilmesi görüntüsüdür (Şekil 8.72).

Çizelge 8.24. ASTER 759, sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analiz değerleri

| | Kullanılan Teknikler | Toplam Sınıflandırma Doğruluğu | Kappa (κ) İstatistik Değerleri |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---|
| Kontrollü Sınıflandırma | PC759 VNIR-SWIR | 68.27% | 0.6340 |
| | Crosta 759 | 55.71% | 0.5077 |
| | DC759 VNIR-SWIR | 56.98% | 0.5199 |
| | Bant Orantılama759 | 47.68% | 0.39.78 |
| Kontrolsüz Sınıflandırma | PC759 VNIR-SWIR | 59.88% | 0.5464 |
| | Crosta 759 | 55.96% | 0.5151 |
| | DC759 VNIRSWIR | 70.88% | 0.6795 |
| | Bant Orantılama759 | 46.97% | 0.3961 |

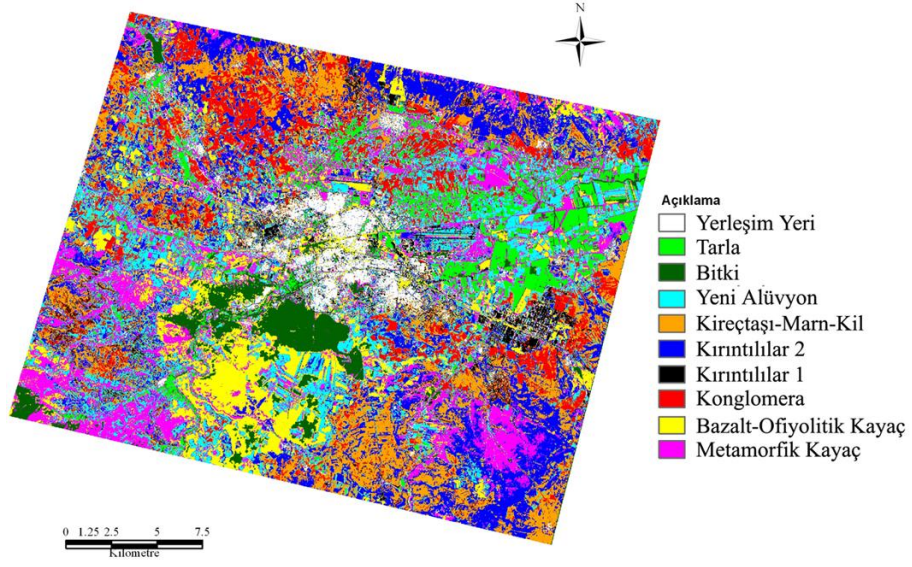


Şekil 8.72. ASTER 759 numaralı alanın sınıflandırılmış görüntüsü

566 numaralı alanın iyileştirilmiş görüntülerine kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma analizi uygulanmıştır. Sınıflandırılmış görüntülerin yüzde doğruluk ve kappa istatistik değerleri Çizelge 8.25'te verilmiştir. En yüksek doğruluğa sahip görüntü %69.31 değerle kontrolsüz sınıflandırma analizi uygulanmış dekorelasyon gerilmesi görüntüsüdür (Şekil 8.73).

Çizelge 8.25. ASTER 566, sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analiz değerleri

| | Kullanılan Teknikler | Toplam Sınıflandırma Doğruluğu | Kappa (κ) İstatistik Değerleri |
|--------------------------|----------------------|--------------------------------|---|
| Kontrollü Sınıflandırma | PC566 VNIR-SWIR | 62.50% | 0.5184 |
| | Crosta 566 | 50.00% | 0.4124 |
| | DC566 VNIR-SWIR | 56.08% | 0.4848 |
| | Bant Orantılama566 | 62.64% | 0.5734 |
| Kontrolsüz Sınıflandırma | PC566 VNIR-SWIR | 56.35% | 0.5003 |
| | Crosta 566 | 50.00% | 0.4414 |
| | DC566 VNIR-SWIR | 69.31% | 0.6511 |
| | Bant Orantılama566 | 40.31% | 0.3136 |



Şekil 8.73. ASTER 566 numaralı alanın sınıflandırılmış görüntüsü

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Eskişehir ili ve civarındaki litolojik birimler ASTER görüntüsünden çeşitli UA teknikleri uygulanarak belirlenmeye çalışılmıştır. ASTER uydu görüntüsü, çözünürlüğünün yüksek olması, 14 banda sahip olması ve SWIR'ın bant aralıklarının dar olması nedeniyle tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda ASTER uydu görüntüsünün jeolojik araştırmalar için uygun bir uydu görüntüsü olduğu görülmüştür.

Kullanılan ASTER verileri, sırasıyla 14.08.2003 ve 22.09.2003 tarihlerinde görüntülenen üç farklı alandan oluşmaktadır. Farklı tarihlerde çekilen görüntüler arasında 39 günlük zaman farkının olması *Deklinasyon açısını* değiştirmiştir. Çalışmada deklinasyon açıları farkı hesaplanmış ve $9^{\circ}65'$ bulunmuştur. Bu durum özellikle doğu ve batıdaki uydu görüntülerinin piksel değerlerine yansımıştır. Piksel değerlerindeki değişimin doğu-batı yönlü görüntüler üzerinde yaklaşık ortalama 20 sayısal değerlik (8 bit'lik bir görüntüde) olduğu görülmüştür. Fakat aynı tarihte çekilmiş kuzey-güney yönlü uydu görüntülerinde, bu sayısal farklılığın yaklaşık 1-2 piksel parlaklık değeri olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada öncelikle, üç farklı alana ait ASTER görüntüleri birleştirilmiştir (mozaikleme işlemi). Bu işlem, sonuç görüntüdeki piksellerin parlaklık değerlerini değiştirmiştir. Birleştirilmiş uydu görüntüsündeki piksellerin parlaklık değerlerinin, birleştirilmemiş görüntüdeki gerçek değerliklerini vermediği görülmüştür. Bu durum, deklinasyon açısındaki farklılığından ve atmosferik etkilerden ileri geldiği düşünülmektedir. Bu nedenle, uydu görüntüleri bir bütün halinde değil ASTER 758, 759 ve 566 olmak üzere üç parça halinde çalışılmıştır.

ASTER uydu görüntüsünde, uydunun kendi özelliğinden ve atmosferik saçınımdan kaynaklanan radyometrik bozunmalar bu çalışmada giderilmiş, ASTER L1A görüntüsü ASTER L1B'ye dönüştürülmüştür. Düzeltmeler sonrasında, tarla sınırlarının öncesine göre daha belirginleştiği, yapıların yeryüzündeki gerçek şekillerine yakın duruma geldiği görülmüştür. Uydu görüntüsü üzerindeki yol, yapı ve bitkilerde gözlenen piksel devamsızlıkları, veri

kaybı ve kesiklikler düzeltmeler ile en aza indirilmiştir. Bunun yanında radyometrik düzeltme ile litolojik birimlerin birbirlerinden ayrılması sağlanmıştır. Uygulanan bu düzeltmeler litolojik birimlerin spektral özelliklerini geliştirdiği görülmüştür. ASTER L1A görüntüsünde radyometrik düzeltmelerin önemi bu çalışma ile bir kez daha ortaya çıkarılmıştır.

Bu çalışmada uygulanan UA teknikleri, farklı alanlarda farklı sonuçlar vermiştir. Bunun sonucunda uydu görüntüsünden litolojik birimlerin belirlenmesinde farklı alanlar için farklı zenginleştirme teknikleri ve farklı bant kombinasyonları yapılması gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır.

Çalışmada yalnız bir görüntü üzerinden ve yalnız bir teknik ile bütün litolojik birimlerin belirlenmesinin oldukça zor olduğu anlaşılmıştır.

ASTER 758 numaralı alanda bulunan mermerler en iyi temel bileşenler analizi ile ortaya çıkarılmıştır. Sivrihisar bölgesi civarında yer alan gerek rekristalize kireçtaşları veya mermerlerin, gerekse şistlerin, kuzeyde Mihaliçcik bölgesinde yüzeyleyen şist ve mermerlerle aynı spektral özellikler taşımadıkları gözlenmiştir. Bölgede bulunan mermerlerin birbirinden ayrılması temel bileşenler analizi yöntemi ile sağlanmıştır. Mermerler için en iyi bant kombinasyonu RGB: PC2,PC6,PC7 olduğu belirlenmiştir. Yapılan arazi çalışması ve bölgeye ait SAM ile de mermerler arasındaki bu farklılıklar desteklenmiştir.

ASTER 758 numaralı görüntüde bölgede yer alan görsel ortamda çökelmiş Porsuk Formasyonu üyesi kireçtaşlarının, 1/500.000 ve 1/100.000 ölçekli jeolojik haritalarda aynı litolojik adla adlandırılan Alpu'nun kuzeydoğusunda bulunan Neojen yaşlı kalkerlerden farklı spektral özelliğe sahip oldukları saptanmıştır.

ASTER 758 numaralı alanda Gökçekaya Barajının kuzeyi ve Sakarya Nehrinin güneyinde şist vb. olarak tanımlanan şist, fillit, mermer ve metabazit birimlerinin aynı spektral özellik göstermediği RGB: PC4,PC5,PC6 görüntüsü ile ortaya konmuştur.

ASTER 758 numaralı alana uygulanan Crosta tekniğinde uygun bantlar seçilmesine karşın gabro belirlenememiştir.

ASTER 758 ve 566 numaralı alanlar içinde kil, kum, çakıl olarak tanımlanan yeni alüvyon dekorelasyon gerilmesi tekniği ile eski alüvyondan

ayrılmıştır. Yeni alüvyonun, demir minerali içeren kayaçlarla aynı spektral özellik gösterdiği dekorelasyon gerilmesi tekniği ile belirlenmiştir. Bu durumun yeni alüvyonu oluşturan birimlerdeki (kil, kum, çakıl) demir oranının fazla olmasından kaynaklanacağı düşünülmektedir.

ASTER 758 numaralı alanda Gökçekaya Barajı güneyindeki metamorfikler; gnays, metagranit, amfibolit, mermer, şist birbirlerinden ve bitkiden en iyi dekorelasyon gerilmesi tekniği ile ayrılmıştır.

ASTER 758 numaralı alanın kuzeyinde bulunan peridotitler içindeki ayırım bant orantılama tekniği ile belirlenmiştir.

ASTER 758 numaralı bölgede bulunan litolojik birimlere uygulanan tekniklerin puanlama esasına göre, temel bileşenler analizi ve dekorelasyon gerilmesinin bu alan için en uygun teknikler olduğu belirlenmiştir. Ancak ultrabazik kayaçların belirlenmesinde bant orantılama tekniği de oldukça başarılı olmuştur.

ASTER 759 numaralı alanda bulunan bitki örtüsü nedeniyle, litolojik birimlerin ortaya çıkarılmasında özellikle bitkinin yüksek yansıma göstermediği temel bileşen görüntüleri seçilerek bitki altında kalan birimlerin daha da belirginleşmesi sağlanmıştır.

ASTER 759 numaralı alanda bulunan ofiyolitik melanji oluşturan birimler temel bileşenler analizi ile ortaya çıkarılmıştır.

ASTER 759 numaralı alanın kuzeyindeki neritik kireçtaşı ile Sakarya Nehri'nin güneyinde bulunan neritik kireçtaşları farklı spektral yansıma özelliği göstermesi nedeni ile aynı mineralojik bileşime sahip olmadığı düşünülmektedir. Bu kayaç içindeki spektral yansıma farklılığı temel bileşen görüntüsü olan RGB: PC3,PC8,PC2 ile sağlanmıştır.

ASTER 759 alanda bulunan granitoyitler temel bileşen analizi ile ortaya çıkarılmıştır.

Uygulanan tekniklerin puanlama esasına göre ASTER 759 numaralı alanda bulunan litolojik birimlerin en iyi belirlendiği UA tekniği, temel bileşenler analizidir. Ancak bazı litolojik birimlerin belirlenmesinde Crosta tekniği başarılı olmuştur. Derinlik kayaçların kayaçlar ve kırıntılı sedimanter kayaçların belirlenmesinde bant orantılama tekniği oldukça başarılı olmuştur.

Uygulanan UA teknikleri ile ASTER 566 numaralı alanda bulunan koyu renkli mineral içeren gabro, bazalt, yeni alüvyon ve iğne yapraklı bitkilerin birbirinden ayrılması oldukça zor olmuştur. Birbirinden ayrılmasını sağlayan en iyi teknik dekorelasyon gerilmesidir. Ayrıca dekorelasyon gerilmesi tekniği ile bazalt kayacındaki renk ayrımı elde edilmiştir. Ayrıntılı arazi ve laboratuvar çalışması ile bu ayrımın nedeninin araştırılması gerekmektedir.

ASTER 566 numaralı alanda bulunan yeni ve eski alüvyon en iyi dekorelasyon tekniği ile belirlenmiştir.

ASTER 566 numaralı alanda bulunan Eskişehir yerleşim yeri tüm UA teknikleri ile belirlenebilmiştir.

Bu çalışmada belirlenen tüm iyileştirilmiş görüntülere kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma analizi uygulanmıştır. Sınıflandırma analizleri ile bir görüntü üzerinde tüm birimler ayırt edilmeye çalışılmıştır. Alanların büyük olması nedeniyle bölgede bulunan birimlerin bir görüntü üzerinde belirlenmesi oldukça güç olmuştur. Bu nedenle sınıflandırılmış görüntülerde kayaçlar genel olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıntılı çalışmalarda bu tür çalışma sonucu elde edilecek haritaların kullanılması doğru sonuçlar vermeyecektir. Yapılan çalışmanın amacına uygun olarak sınıflandırılmış görüntülerin kullanılıp kullanılmamasına karar verilmelidir.

Üç ayrı ASTER görüntüsünden 758 numaralı alanın sınıflandırılmış haritası temel bileşenler analizi görüntüsüne uygulanan kontrollü sınıflandırma ile belirlenmiştir. ASTER 758 numaralı alanda kontrollü sınıflandırmanın doğruluğu %71.58'dir. ASTER 759 ve 566 numaralı alanların haritaları kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile belirlenmiştir. ASTER 759 numaralı alanda en yüksek doğruluğa sahip görüntü kontrolsüz sınıflandırma analizi uygulanmış dekorelasyon gerilmesi görüntüsüdür. ASTER 566 numaralı alanda en yüksek doğruluğa sahip görüntü kontrolsüz sınıflandırma analizi uygulanmış dekorelasyon gerilmesi görüntüsüdür.

Sınıflandırma işleminde kontrolsüz sınıflandırmanın kontrollü sınıflandırmaya göre daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Bunun en büyük nedeninin kontrollü sınıflandırma yönteminde kullanıcıdan kaynaklanan hataların oldukça fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kayaçların homojen

spektral davranış göstermemeleri nedeniyle kontrollü sınıflandırmada eğitim alanları tam olarak tanımlanamamıştır.

Sınıflandırma yöntemi için uygulanan UA tekniklerinden dekorelasyon gerilmesi görüntüleri ile belirlenmiş sınıflandırılmış haritalar doğruluğu en yüksek olan iyileştirilmiş görüntülerdir.

İyileştirilmiş görüntüler 1/500.000 ölçekli sayısal jeolojik haritalarla karşılaştırılmıştır. Sayısal veriler, iyileştirilmiş görüntülerde belirlenen litolojik birimlerle çakıştığı görülmüştür.

Ayrıca bu çalışmada SAM'de kullanılmış ve litolojik birimlerin sınırları ve topografya ile olan uyumuna bakılmıştır. SAM litolojik birimlerin sınırlarının belirlenmesinde oldukça yararlı olduğu görülmüştür.

ASTER uydu görüntüsü ile çalışılmaya başlamadan önce görüntü ön işlemler olan radyometrik düzeltmelerin yapılması çalışmanın doğruluğunu artıracaktır.

ASTER görüntüsünden belirlenen rekristalize kireçtaşı ve mermer yataklarının değerlendirilmesi durumunda devlet ekonomisine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma ile ASTER uydu görüntüsü jeolojik araştırmalarda uzaktan algılama verisi olarak kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abrams, M., Hook, S. (2002), *ASTER user handbook Version 2*, Jet Propulsion labrotory, California Institüte of Technology.
- Abrams, M., Hook, S.J. (1995), *Simulated Aster Data for Geologic Studies*, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, **33**, (3), 692-699.
- Akça, M.D., Doğan, S. (2002), *Sayısal Görüntülerde Ana Bileşenler Dönüşümü*, Harita Dergisi, **129**, 1-15.
- Akıncı, Ö. (1967), *Eskişehir i24-c1 Paftasının Jeolojisi ve Tabakalı Lületaşı Zuhurları*, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA), Ankara.
- Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö. (2002), *Uzaktan Algılama Görüntülerinde Digital Görüntü İşleme Ve RSImage Yazılımı*, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Konya.
- Anonim (1996), *Algorithm Theoretical Basis Document for ASTER Level-1 Data Processing (Ver. 3.0)*, Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC)
- Anonim (2003), *ASTER Reference Guide (Version 1.0)*, Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC)
- Anonim (2004), NASA Jet Propulsion Laboratory, <http://asterweb.jpl.nasa.gov>.
- Anonim (2007a), *ASTER Spectral Library*, <http://speclib.jpl.nasa.gov.tr>
- Anonim (2007b), *Classification*,
http://chesapeake.towson.edu/data/all_classification.asp
- Anonim, (2007c), *UZUHAM*,
(<http://www.sagres.itu.edu.tr/page.tr.php?id=13#gd>).
- Ardel, A., Kurter, A. ve Dönmez, Y. (1969), *Kilimatoloji Tatbikatı*, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Enstitüsü Yayınlarından No:40, İstanbul, s:17-21.
- Ayaroğlu, H. (1979), *Bozüyük metamorfitlerinin (Bilecik) petrokimyasal özellikleri*, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, c.22, 101-107.
- Ayday, C., Altan, M., Nefeslioğlu, H.A., Canıgür, A., Yerel, S., ve Tün, M. (2001), *Eskişehir büyükşehir belediyesi Eskişehir yerleşim yerinin yerleşim amaçlı jeoloji ve jeoteknik etüt raporu*, Eskişehir.

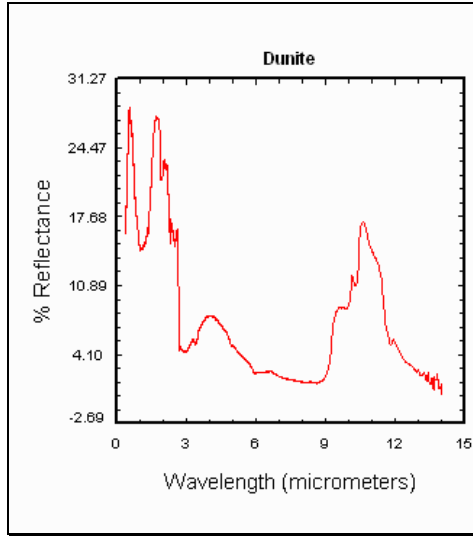
- Ayhan, E., Karşlı, F., Tunç, E. (2003), *Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Sınıflandırma ve Analiz*, Harita Dergisi, **130**, 32-46.
- Biçer, A., Mumcu, N., Dirik, M., ve Atalay, E. (1977), *Eskişehir Alpu Ovası hidrojeolojik etüt raporu*, DSİ, Ankara.
- Campbell, J.B. (1996), *Introduction to Remote Sensing*, New York, 313-397.
- Clark, R.N., 1999, *Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy*, in Manual of Remote Sensing, Volume 3, Remote Sensing for the Earth Sciences, (A.N. Rencz, ed.) John Wiley and Sons, New York, p.3-58.
- Clark, R.N., King, T.V.V., Ager, C., and Swayze, G.A. (1995), *Remote Mineral Mapping Using AVIRIS Data at Summitville, Colorado and the adjacent San Juan Mountains*, Colorado Geological Survey Special Publication **38**, p. 59-63.
- Crosta, A.P., and Moore, J.McM. (1989), *Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State Brazil: a prospecting case history in greenstone belt terrain*, Proceedings of the 9th Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology, pp.1173-1187
- Crosta, A.P., Filho, C.R. de S., Azevedo, F. ve Brodie, C. (2003), *Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis*, Int. J. Remote Sensing, **24**, (21), 4233-4240.
- Çelik, H., Yıldız, F. (2006), *ASTER uydu görüntülerinden üretilen ortofotoların doğruluğunun araştırılması*, Harita Dergisi, Harita Genel Komutanlığı Matbaası, Ankara, 136.
- Deller, M.E.A. (2006), *Facies discrimination in laterites using Landsat Thematic Mapper, ASTER and ALI data-examples from Eritrea and Arabia*, International Journal of Remote Sensing, **27**, (12-14), 2389-2409.
- ERDAS Corp. (2002), *ERDAS FieldGuide*, Sixth Edition, Version 8.6, <http://support.erdas.com/documentation/files/FieldGuide.pdf>.

- Gad, S. Ve Kusky, T. (2006), *ASTER spectral rationing for lithological mapping in Arabian-Nubian shield, the Neoproterozoic Wadi Kid area, Snia, Egypt*, Elsevier B.V..
- Galvao, L.S., Almeida-Filho, R. ve Vitorello, I. (2004), *Spectral discrimination of hydrothermally altered materials using ASTER short-wave infrared bands: Evaluation in a tropical savannah environment*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brazil, 107–114.
- Galvao, L.S., Almeida-Filho, R. ve Vitorello, I. (2005), *Spectral discrimination of hydrothermally altered materials using ASTER short-wave infrared bands: Evaluation in tropical savannah environment*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, **7**, 107-114.
- Galvao, L.S., Almeida-Filho, R. ve Vitorello, I. (2005), *Use of ASTER short-wave infrared bands for the spectral discrimination of hydrothermal altered-materials: evaluation in a tropical savannah environment*, Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania, Brasil, INPE, 1783-1787.
- Gillespie, A., Abrams, M., ve Yamaguchi, Y. (2005), *Scientific Results from ASTER*, Remote Sensing of Environment, 99.
- Gözler, M.Z., Cevher, F. ve Küçükayman, A. (1985), *Eskişehir civarının jeolojisi ve sıcak su kaynakları*, MTA, Ankara.
- Gözler, Z., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H.J. (1996), *Orta Sakarya v güneyinin jeolojisi*, Rapor No:985, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Gupta, R.P. (1991), *Remote Sensing Geology*, Verlag Berlin Heidelberg, 213-219,.
- Gupta, R.P. (2003), *Remote Sensing Geology*, Second edition, Springer Verlag, Berline, 655.
- Hewson, R. (2002), 22nd ASTER science meeting, MMTG, Exploration and Mining, CSIRO, <http://www.eoc.csiro.au/reports/hewson/22aster.htm>.
- Hewson, R.D. ve Huntington, J.F.(2001), *Geologic and alteration mapping at Mt Fitton, South Australia, using ASTER satellite-borne data*, IEEE, 724-726.

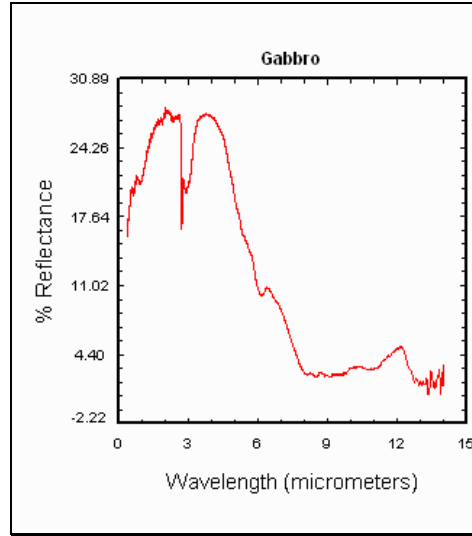
- Iwasaki, A. ve Tonooka, H. (2005), *Validation of Crosstalk correction algorithm for ASTER/SWIR*, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, **43**, (12), 2747-2751.
- Jensen, R.J. (1986), *Introductory Digital Image Processing*, Prentice-Hall, New Jersey, 177-226.
- Kalinowski, A. ve Oliver, S. (2004), *ASTER Mineral Index Processing Manual, Remote Sensing Applications Geoscience, Australia*, **36**.
- Kibici, Y. (1984), *Sarıcakaya masifinin jeolojisi petroğrafisi ve petrolojik etüdü*, Anadolu Üniversitesi Yayınları No:68, Eskişehir.
- Kruse, F.A. (2002), *Combined SWIR and LWIR mineral mapping using MASTR/ASTER*, IEEE, 2267-2269.
- Liew, S.C. (2001), *Principles of Remote Sensing*, CRISP,
- Ninomiya, Y., Fu, B. (2001), *Spectral Indices for Lithologic Mapping with ASTER Thermal Infrared Data Applying to a Part of Beishan Mountains, Gansu, China*.
- Ninomiya, Y., Fu, B., Cudahy, T.J. (2005), *Detecting litology Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) multispectral thermal infrared "radiance-at-sensor" data*, Remote Sensing of Environment, **99**, 127-139.
- Önder, M. (2000), *Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Uzaktan Algılama*, Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama Ve Araştırma Merkezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 200.
- Önder, M. (2002), *Uzaktan Algılamada Topoğrafik Uygulamalar*, Harita Genel Komutanlığı Matbaası, Ankara, 130.
- Pekesin, B.F. (2005), *Mineral Mapping In Oymaağaç (Beypazarı – Ankara) Granitoid By Remote Sensing Technique*, ODTU, Yüksek Lisans Tez.
- San, B.T., Sümer, E.O. ve Gürcay, B. (2004), *Comparison of band ratioing and spectral indices methods for detecting alunite and kaolinite minerals using ASTER data in Biga region, Turkey*, ISPRS.
- Smith, L.I. (2002), *A tutorial on Principal Components Analysis*.

- Sümer, E.Ö., San, B.T., Gürçay, B., Pekesin, B.F., Avcı, M.K., Koruyucu, M., Dağlıyar, A., Teoman, Ş., Topçu, T. ve Özgüner, C. (2006), *ASTER uydu verisi uygulamaları; Türkiye'den örnekler*, MTA, Ankara, 10.
- Şentürk, K., Karaköse, C. (1981), *Orta Sakarya bölgesinde Liyas öncesi ofiyolitlerin ve mavişistlerin oluşumu ve yerleşmesi*, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, O. **24**, (24).
- Yamaguchi, Y. ve Natio C. (2003), *Spectral indices for lithologic discrimination and mapping by using the ASTER SWIR bands*, INT. J. Remote Sensing, **24**, (22), 4311-4323.
- Zhang, Y. (2002), *Problems In The Fusion Of Commercial High-Resolution Satellite Images As Well As Landsat 7 Images And Initial Solution*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS), **34**, (4).

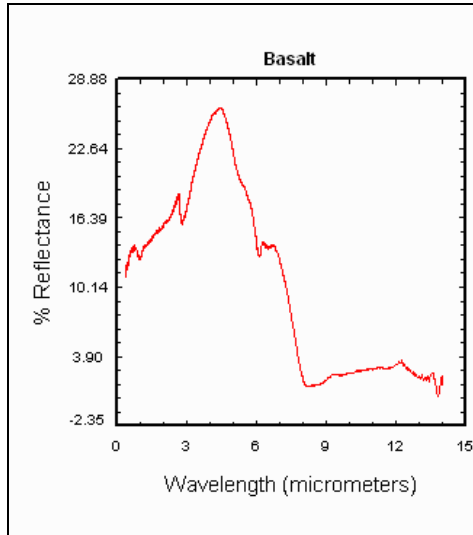
Ek-1 Kayaçların Spektral İmzaları



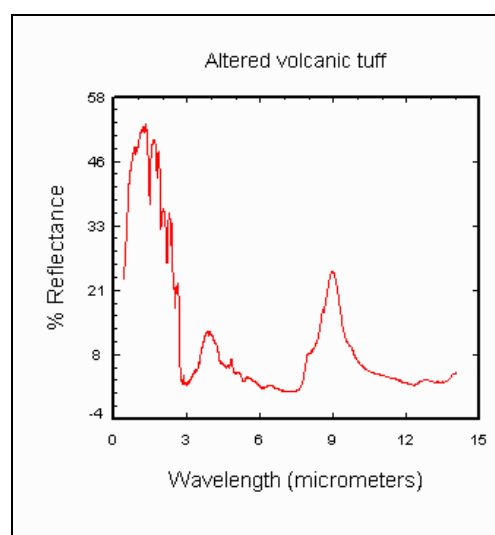
(a)



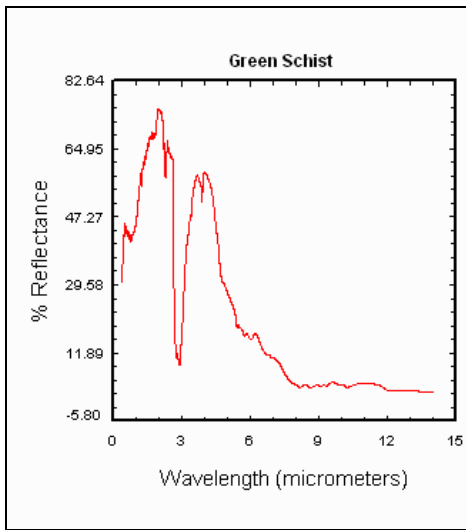
(b)



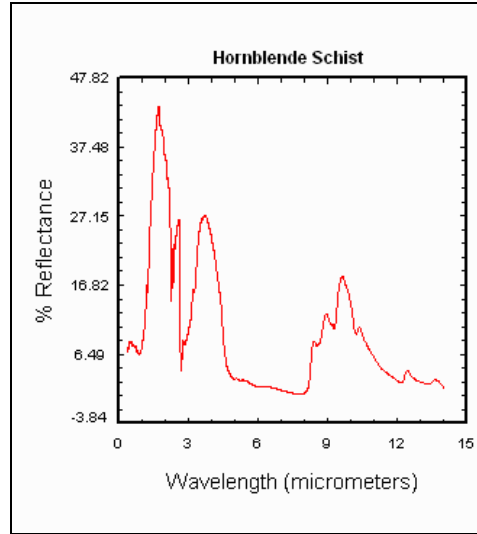
(c)



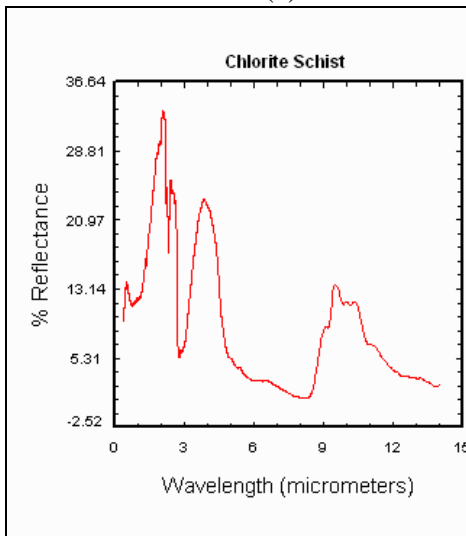
(d)



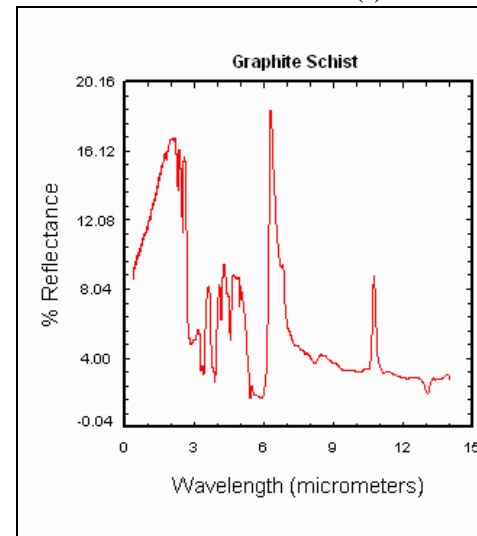
(e)



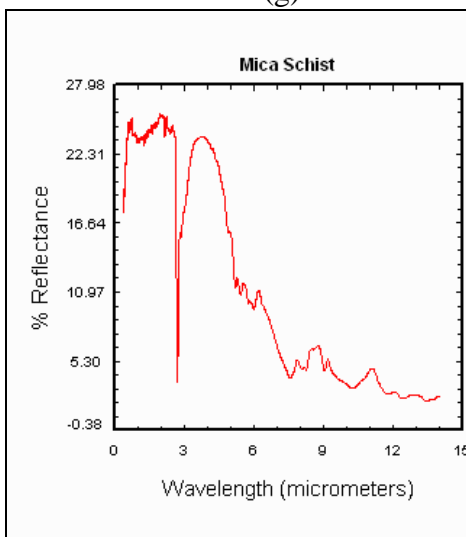
(f)



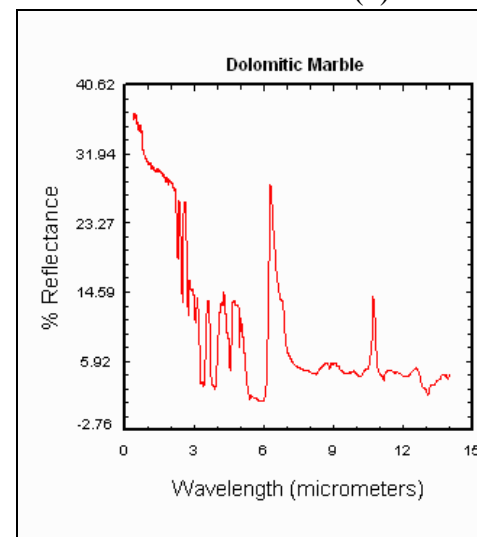
(g)



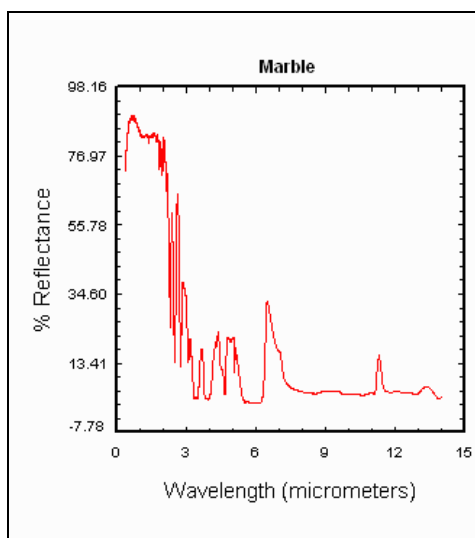
(h)



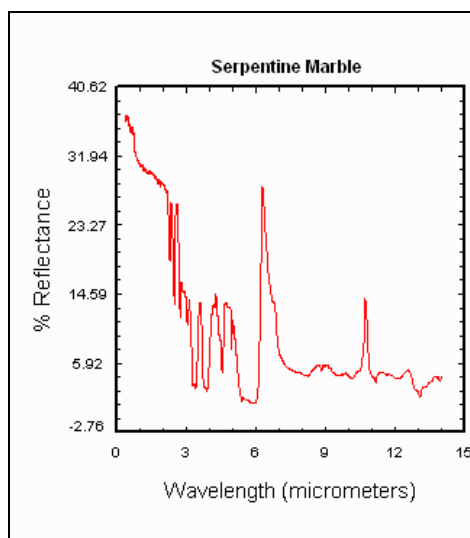
(i)



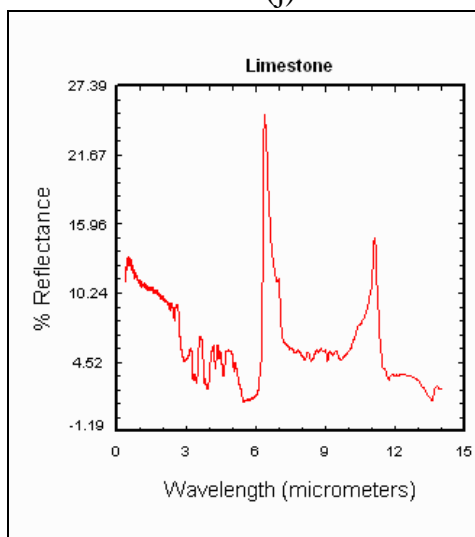
(i)



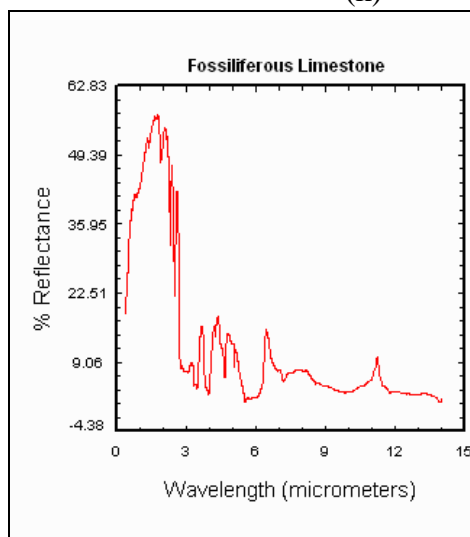
(j)



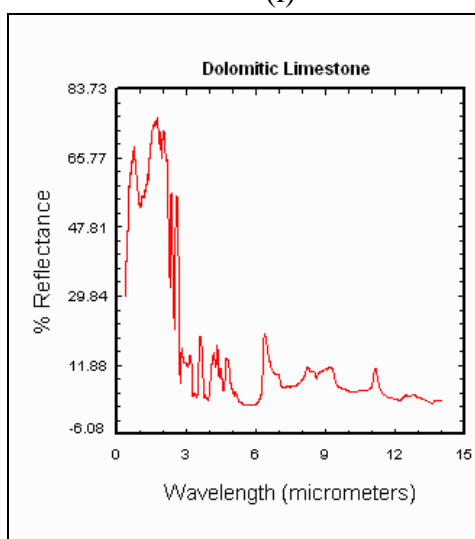
(k)



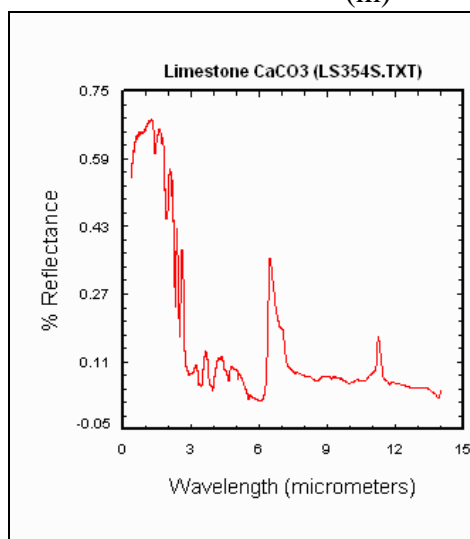
(l)



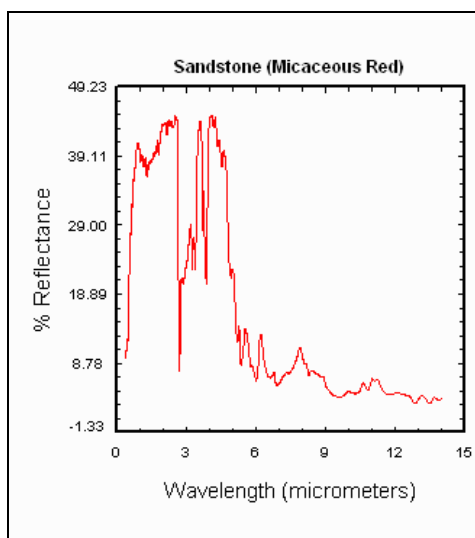
(m)



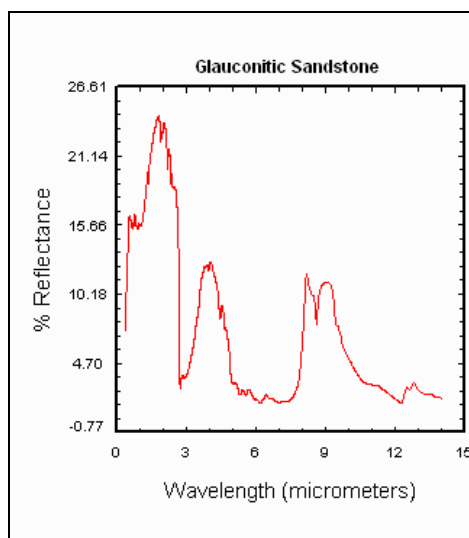
(n)



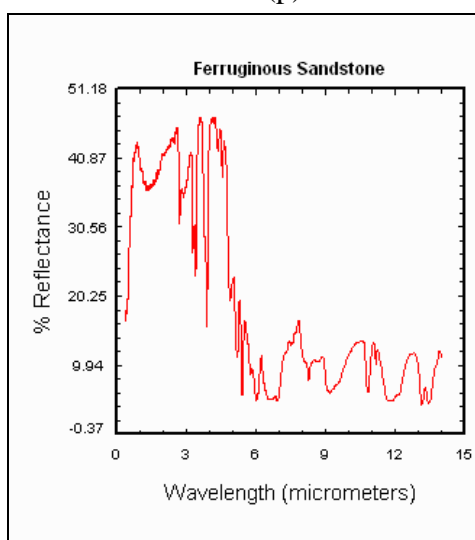
(o)



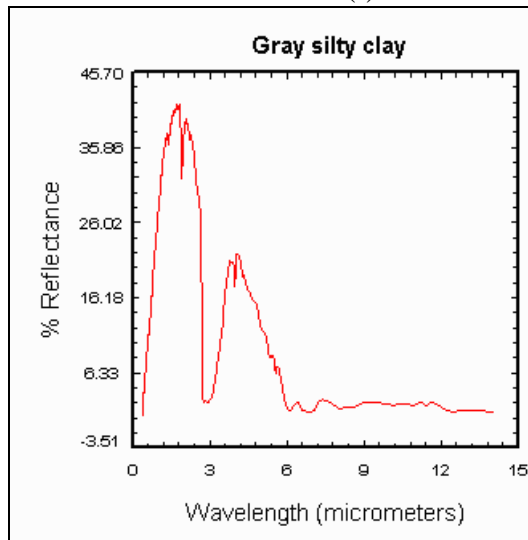
(p)



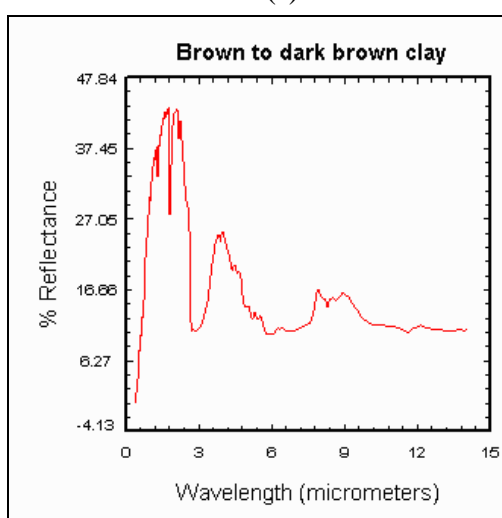
(r)



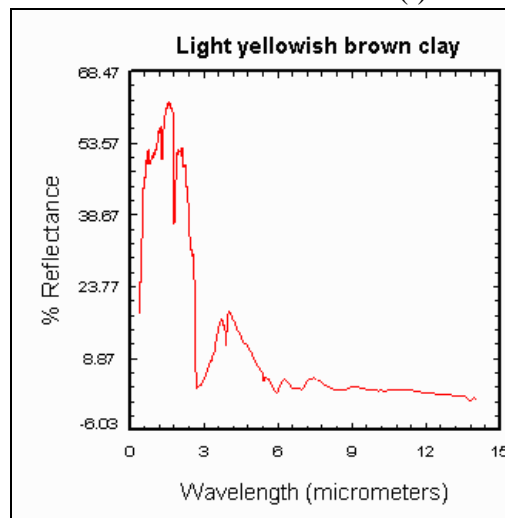
(s)



(t)



(u)



(v)